astronomie HEUTE

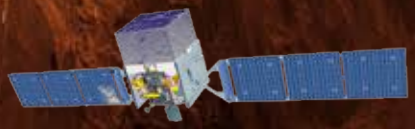
astronomie HEUTE

Raumfahrt ... Kosmos ... ScienceFiction

60463 4 196046 306506 04
www.astronomie-heute.de
4/2008
Euro 6,50
sFr. 12,50
SKY & TELESCOPE
DEUTSCHE AUSGABE

MARS

Nahaufnahmen von der Oberfläche
Die Debatte um eine bemannte Mission
Wo wird der nächste Rover landen?



GAMMA-ASTRONOMIE

Wie der Satellit Glast die Hexenküchen des Universums beobachtet

FRACHTSCHIFF ATV

Der erste europäische Weltraumtransporter hebt ab

ANTARKTIS

Stehen dort bald die ersten Großteleskope?

Oliver Dreissigacker
Redaktionsleiter

»Auf zwei Planeten«

Liebe Leserinnen und Leser,

mit dem Roman dieses Titels wurde Kurd Laßwitz zu einem der Väter der modernen Sciencefiction. Ob er geahnt hat, dass heute, rund hundert Jahre später, ein bemannter Flug zum Nachbarplaneten der Erde immer noch eine utopische Idee – und Teil US-amerikanischer Wahlkämpfe ist?

Immerhin ist die Menschheit bereits am und auf dem Roten Planeten präsent – er wird von etlichen Orbitern umkreist und die beiden Rover Spirit und Opportunity erkunden ihn unermüdlich. Lassen Sie sich von deren faszinierenden Bildern (S. 45) auf die Marsoberfläche mitnehmen!

Aber wie soll es weitergehen? Die Pläne der Weltraumagenturen für die künftige, unbemannte Erforschung des Wandelsterns werden immer konkreter. Den gegenwärtigen Stand bei der Suche eines geeigneten Landeplatzes für das »Mars Science Laboratory« beschreibt unser Artikel auf S. 52.

Und eine bemannte Expedition? Überlegungen gibt es wohl ebenso viele wie Budgetänderungen bei der Nasa. Ein Mann kämpft beharrlich für seine Vision: Der Raumfahrtingenieur Robert Zubrin entwarf bereits Anfang der 1990er Jahre die Mission »Mars Direct« – und wurde ins wissenschaftliche Abseits gestellt. Ein Dokumentarfilm (S. 58) sorgt jedoch dafür, dass sein ambitionierter Plan nicht in Vergessenheit gerät.

An unserem Nachthimmel hat der Rote Planet mittlerweile viel von seinem Winterglanz eingebüßt. Ein idealer Zeitpunkt, um sich wieder den Wundern des fernen Weltalls zu widmen. Gehen Sie die Sache doch einmal sportlich an – starten Sie mit uns zu einem Minimessiermarathon und besuchen Sie 25 ausgewählte Deep-Sky-Objekte in einer Nacht (S. 78).

In diesem Sinn: auf die Plätze, fertig, los!

Herzlichst Ihr

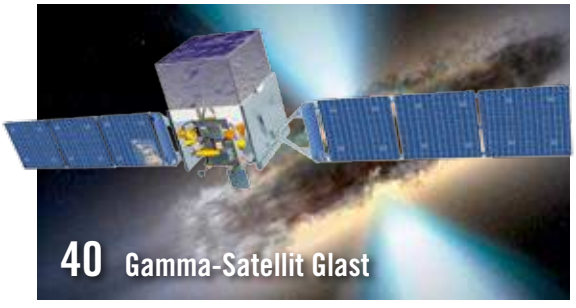
Schwerpunkt Mars –
alles Ansichtssache?

AUS: JIM BELL, POSTCARDS FROM MARS, SPEKTRUM AKADEMISCHER VERLAG 2007, MIT FREUNDLICHEN DES VERLAGS

ANTARKTIS

22

Europäische Astronomen wollen im ewigen Eis ein Observatorium errichten



40 Gamma-Satellit Glast

36 Odyssee im Weltraum

12 ASTRO NEWS
> Was lässt das Universum expandieren?
> Stern mit Hyperantrieb u. v. m.

18 LASTESEL FÜRS ALL <
Europa entsendet seinen ersten ATV-Schwertransporter zur ISS

22 ASTRONOMIE AM ENDE DER WELT <
Welche Aussichten locken Wissenschaftler auf den weißen Kontinent?

28 BELIEBTE IRRTÜMER
Astrologie – welche wissenschaftlichen Gegenargumente sind zulässig?

32 WAS WÄRE, WENN ...
... man mit einem Warpantrieb flöge?

36 2001: ODYSSEE IM WELTRAUM
Stanley Kubrick und Arthur C. Clarke schufen den »ultimativen Trip«

40 HART, HÄRTER, GAMMA! <
Wie das neue Weltraumobservatorium Glast in die Hexenküchen des Alls blickt

62 ASTROGRAVS WUNDERBARE WELT DER SCHWERKRAFT
Bauen Sie sich mit diesem Programm Ihre eigenen Planetensysteme und Galaxien!

66 NEUHEITEN
Die Produkte neuer Hersteller beleben den Markt

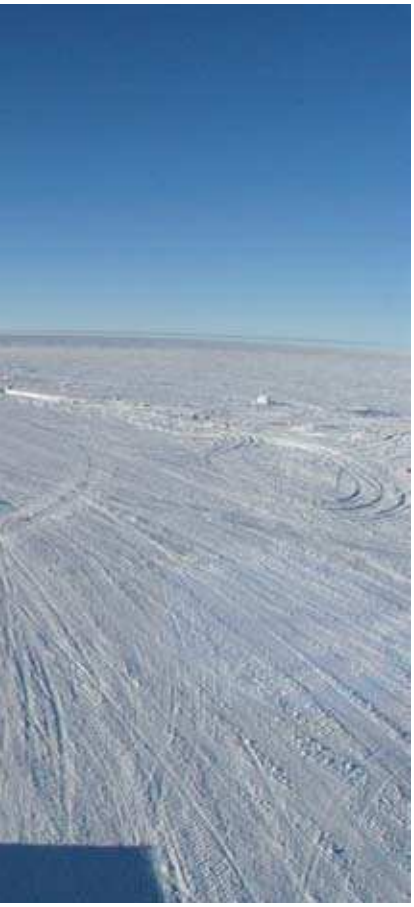
68 WUNDER DES WELTALLS
Leserbilder von der Internationalen Raumstation und dem Sternhimmel

SCHWERPUNKT MARS <

Superbild
45 REISE ZUM ROTEN PLANETEN
Spirit und Opportunity auf Fotosafari

52 WO GEHT'S ZUR MARS-OASE?
Bald ist der nächste Rover auf dem Weg zum Roten Planeten. Wo wird er landen?

58 AM BODEN GEFANGEN
Im »Mars-Untergrund« kämpft ein Visionär für eine bemannte Mission

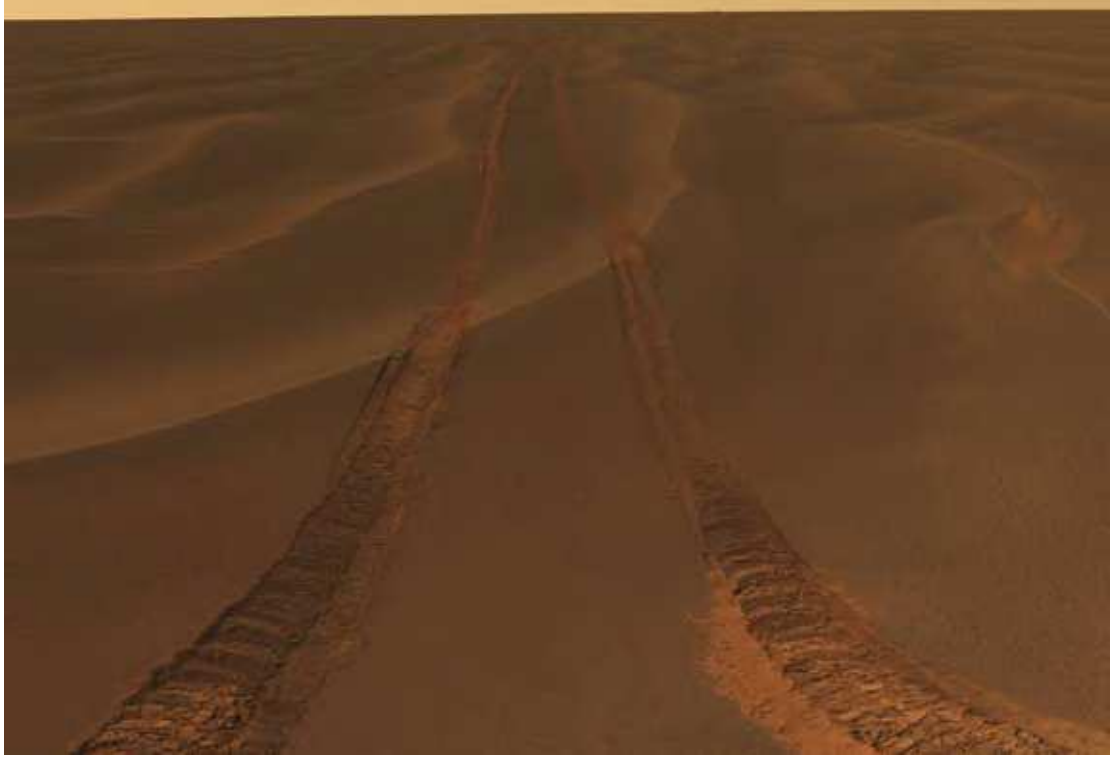


78 Messier-Nacht

45 TITEL

MARS

Erleben Sie auf diesen Seiten, warum die Erforschung unseres Nachbarplaneten zu den aufregendsten Kapiteln der Raumfahrt zählt



Blick in den Himmel

74 DIE NEBELJÄGER VON JENA
Auf himmlischem Streifzug mit den Teleskopen der »Zeiss-Stadt«

76 DIE KLEINEN MONDVULKANE
Nicht alle Krater auf dem Erdtrabanten gehen auf Meteoriteneinschläge zurück!

78 DER MESSIER-MINIMARATHON
Deep-Sky-Sport für Einsteiger: Beobachten Sie 25 Messier-Objekte in einer Nacht!

84 STERNTAFEL
Der mitternächtliche Himmel in der Übersicht

86 FELDSTECHERTIPP
Der Löwe ist los: M 65 und M 66

3 Editorial
10 Leserbriefe
11 Leser fragen – Experten antworten
31 Leserreisen
87 TV & Events
88 Kleinanzeigen
89 Astromarkt
90 Vorschau / Impressum

TITELBILD: Der Rote Planet fasziniert als Forschungsobjekt und mögliche zweite Heimat der Menschheit

TITELMOTIV: KEES VEENENBOS

Die auf der Titelseite angekündigten Themen sind mit < gekennzeichnet

WALLPAPER unter astronomie-heute.de/wallpaper

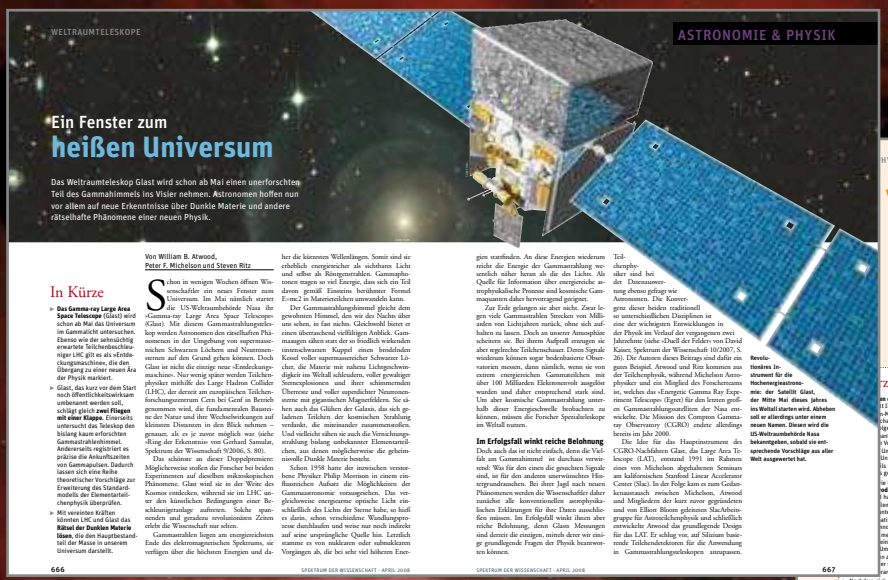
KOSTENLOSE DOWNLOADS
Laden Sie die so gekennzeichneten Motive **auf den Seiten 12/13 und 46/47** als Bildschirmhintergrund für Ihren PC herunter!

SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT

»Ein Fenster zum heißen Universum«: William B. Atwood, Peter F. Michelson und Steven Ritz sind Mitglieder des internationalen Glast-Teams. Die Forscher erklären die physikalischen Details zum neuen Gamma-Satelliten und zu seinen Beobachtungen.

»Die Parallelwelten des Hugh Everett«: Als der Quantentheoretiker seine bahnbrechende Arbeit veröffentlichte, wurde er von seinen Kollegen ignoriert. In Sciencefictionkreisen wurde er jedoch als Held gefeiert – als Erfinder der multiplen Universen!

www.spektrum.de



STICHWORT COLUMBUS

Seit dem 11. Februar ist das europäische Modul Teil der ISS. Alle Artikel, Nachrichten und Hintergrundinfos zum Forschungslabor der Esa finden Sie unter spektrumdirekt.de/columbus

HINTERGRUND-ILLUSTRATION: ESA

ASTRONOMIE FÜR DIE OHREN

In der aktuellen Ausgabe des Kosmopod finden Sie wieder Geschichten rund um die Themen Astronomie, Raumfahrt und Sciencefiction als MP3-Datei in iTunes oder zum Onlinehören unter kosmopod.de

DOSSIER »RAUMFAHRT«

Columbus – Messenger – Cassini: Raumsonden und Teleskope senden uns immer detailliertere Informationen von zunehmend fernen Welten. Doch auch unsere himmlische Nachbarschaft birgt noch manche Überraschung. Lesen Sie mehr in unserem Online-Dossier unter spektrumdirekt.de/raumfahrt

DENK MAL!

Was verursacht die Drehung der Erde? Wissen Sie's? Diese und andere denkwürdige Fragen finden Sie unter astronomie-heute.de/denkmal

STERNE UND WELTRAUM 4/2008

Staub – Geburtshelfer bei der Planetenentstehung; Schwarze Löcher – Keimzellen der Galaxien; Fernrohrtest – OMC 300: Spiegelteleskop der Oberklasse u. v. m.
www.suw-online.de

SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT 4/2008

Titelthema: »Aliens unter uns?« Gab es alternatives Leben auf der Erde? Relikte einer 2. Urzeugung könnten noch existieren!
www.spektrum.de

MYSPACE

Unsere Webseite astronomie-heute.de ist Ihnen sicherlich vertraut – aber kennen Sie schon die Möglichkeiten, die Ihnen MySpace bietet? Dort können Sie unter groups.myspace.com/astronomieheute mit Magazinmachern und Lesern diskutieren, außerdem erwarten Sie immer wieder attraktive Gewinnspiele! myspace.com/astronomie_heute

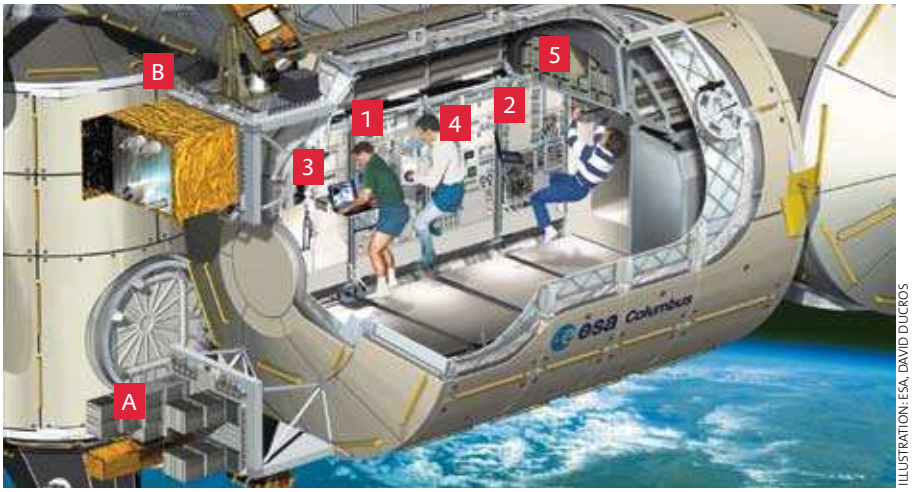


ILLUSTRATION: ESA, DAVID DUCROS

Ein Zimmer mit Aussicht, wie man sie sich fantastischer nicht vorstellen kann, bietet das europäische Weltraumlabor Columbus. Seit Kurzem ist es Bestandteil der ISS. Die Forschungsarbeiten mit den gekennzeichneten Instrumentengruppen werden bald aufgenommen.

EUROPAS ZIMMER IM WELTALL

»Columbus in See gestochen!«
astronomie-heute.de/astronews
vom 7. 2. 2008

Welche Aufgabe hat das Forschungsmodul Columbus?

Domenic Achterberg, per E-Mail

ANTWORT DER REDAKTION:
Das Forschungslabor Columbus ist der zentrale europäische Beitrag zur Internationalen Raumstation ISS für Versuche in der Schwerelosigkeit.

In dem Labormodul sind eine ganze Reihe Experimenteschränke – die Payload Racks – untergebracht. Im Einzelnen enthält es (siehe die Abbildung oben, aus »Volles (Shuttle-)Programm, AH 1-2/2007, S. 23): das Biolab, in dem Versuche mit Zellen, Mikroorganismen, wirbellosen Tieren und Pflanzen durchgeführt werden sollen 1, die European Physiology Modules Facility (EPM) für medizinische Untersuchungen des menschlichen Körpers 2, das Fluid Science Laboratory (FSL) zur Erforschung der Eigenschaften von Flüssigkeiten 3 sowie das European Drawer Rack (EDR) 4 und den European Transport Carrier (ETC) 5.

Auf einer externen Plattform – also im Vakuum des Weltraums – sind außerdem die Experimente Eutef A und Solar B installiert.

Alle Artikel aus den Verlagspublikationen finden Sie auf der »Stichwort: Columbus«-Seite spektrumdirekt.de/columbus. Darunter ist natürlich auch der zehnseitige Artikel in der Ausgabe März 2008 von »Sterne und Weltraum«.

MUMIFIZIERTES MARSMÄNNCHEN?

»Hallo Marsianer – bitte recht freundlich!«
astronomie-heute.de/starblog
vom 24. 1. 2008

Auch wenn das auf dem Bild kein »Marsianer« ist, sieht es doch ungewöhnlich genug aus, um eine nähere Untersuchung zu rechtfertigen. Licht, Schatten, Wind und Sand können die tollsten Strukturen hervorbringen. Ausgefallene Gesteinsstrukturen können auch Hinweise auf ungewöhnliche Materialzusammensetzungen sein. Einige »gewöhnliche« Steine hat man ja schon analysiert.

Ich kann mir aber das Gejammer der Ufologen gut vorstellen, wenn der Rover da hinfährt und feststellt, dass es sich nicht um einen mumifizierten Mikro-Marisianer handelt, sondern nur um eine trockene, vom Wind freigelegte Wurzel.

Robert Orso, per E-Mail

EINFACH ZUM LACHEN

Mir ist das Männlein auch beim Durchsuchen des Bilds aufgefallen, aber was die Medien aus so einem Bildfragment machen, ist schon frappierend.

Thomas Papst, Guxhagen

ENTFERNUNGSANGABEN

Die Entfernungen unserer Nachbargalaxien M31 und M33 werden in einigen Publikationen mit etwa drei Millionen Lichtjahren angegeben. In anderer (nicht nur älterer) Literatur werden meist 2,5 Millionen Lichtjahre angeführt. Das ist doch etwas zu unterschiedlich, vor allem, wenn man bedenkt, dass sich diese Galaxien – gemessen an kosmischen Entfernungen – vor unserer Haustür befinden.

Markus Ecker, Sankt Pölten, Österreich

ANTWORT DER REDAKTION:
Die verschiedenen Angaben, die man in Büchern findet, spiegeln eines der nach wie vor größten Probleme der Astronomie wider: das Bestimmen absoluter Entfernungen kosmischer Objekte. Die exaktesten Messungen hierfür verdanken wir dem Satelliten Hipparcos.

Eine neuerliche Auswertung dieser Daten vor einigen Jahren zeigte, dass die Abstände zu Galaxien wie M31 oder M33 wohl »nach oben« korrigiert werden müssen. Allerdings sind nicht alle Astronomen von der Richtigkeit dieser neuen Angaben überzeugt. Daher tauchen nach wie vor unterschiedliche Werte für dasselbe Objekt auf.

Weitere Einsendungen finden Sie auf unserer Homepage!

Sie können Ihre Leserbriefe im Internet unter astronomie-heute.de in ein Formular direkt unter dem betreffenden Artikel eintragen. Diesen erreichen Sie über die Menüeinträge »Aktuelle Ausgabe« (Inhaltsverzeichnis), »Archiv« (Heftverzeichnis) oder durch Anklicken des Covers der Ausgabe.

Falls Sie Anregungen allgemeiner Art haben, können Sie diese auch unter astronomie-heute.de/leserbriefe eingeben. Wir behalten uns vor, Zusendungen gekürzt zu veröffentlichen.

Kann ein Raumschiff, das …

… mit dem Sonnenwind segelt, analog zu einem Segelboot auch »gegen den Wind« kreuzen und so wieder zu seinem Startpunkt zurückkehren? *Jürgen Rosemund, per E-Mail*

Die Analogie mit dem Segelboot sollte man nicht zu weit führen. Außerdem muss man zwischen klassischen Sonnensegeln (mit Hilfe des Photonendrucks) und der Nutzung des »Sonnenwinds«, also geladener Teilchen, insbesondere Protonen, unterscheiden. Dies wird oft verwechselt.

Werden Protonen des Sonnenwinds in dünnen Leiterbahnen eingefangen, scheint es in der Tat so zu sein, dass nur eine Kraft in radialer Richtung aufgebracht werden kann (wenn das Konzept überhaupt praktisch umsetzbar ist, was ich persönlich bezweifle). Man könnte so allenfalls ein wegfliegendes Raumschiff beschleunigen oder ein anfliegendes abbremsen.

Nutzt man statt des Sonnenwinds aber den Photonendruck, also den Druck, den das Licht auf große, verspiegelte Folien ausübt, was üblicherweise unter Sonnensegeln verstanden wird, dann gibt jedes Photon zweimal einen Impuls ab: einmal beim Auftreffen, dann beim Wegflug. Einfalls- und Ausfallswinkel relativ zur Senkrechten auf der Spiegelfläche sind jeweils gleich.

Stellt man das Segel zum Beispiel in einem Winkel von 45 Grad zur Sonnenrichtung an, dann ergibt sich eine Kraftkomponente in radialer Richtung nach außen und eine weitere senkrecht dazu. Man kann also einen mehr oder weniger großen Beschleunigungsanteil parallel zur Flugrichtung erzeugen. Nur diese Kraftkomponente ändert die Bahnenergie: Fügt man Energie hinzu, bewegt sich das Raumschiff auf einer weiter werdenden Spirale und entfernt sich dabei von der Sonne. Entzieht man Bahnenergie, nähert es sich der Sonne auf einer enger werdenden Spirale.

Lässt man diese Kraftkomponente senkrecht zur Bahnebene wirken, kann man die Ausrichtung der Bahn im Raum verändern. Mit Triebwerken würde dies viel Treibstoff kosten, mit Sonnensegeln »vor dem Photonendruck« gar keinen. Diese Methode ist somit prinzipiell flexibler als die Nutzung des Sonnenwinds.

Der Vergleich mit dem Segelschiff hinkt: Die Bahn eines Raumschiffs ist in der Regel sehr stabil. Der Photonendruck kann es nicht einfach herumpusten. Wie beschrieben, nutzt man vorwiegend die Beschleunigungskomponente parallel zur Fluggeschwindigkeit. Aufsummiert über längere Zeiträume kann man die Bahn erheblich verändern, aber die Dynamik eines Segelschiffs ist doch eine ganz andere. <<

MICHAEL KHAN *arbeitet als Missionsanalytiker beim Europäischen Weltraumkontrollzentrum Esoc in Darmstadt.*

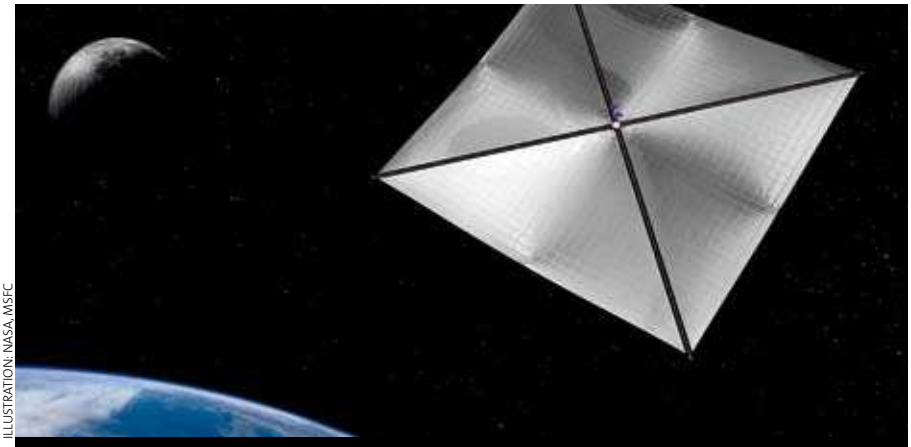
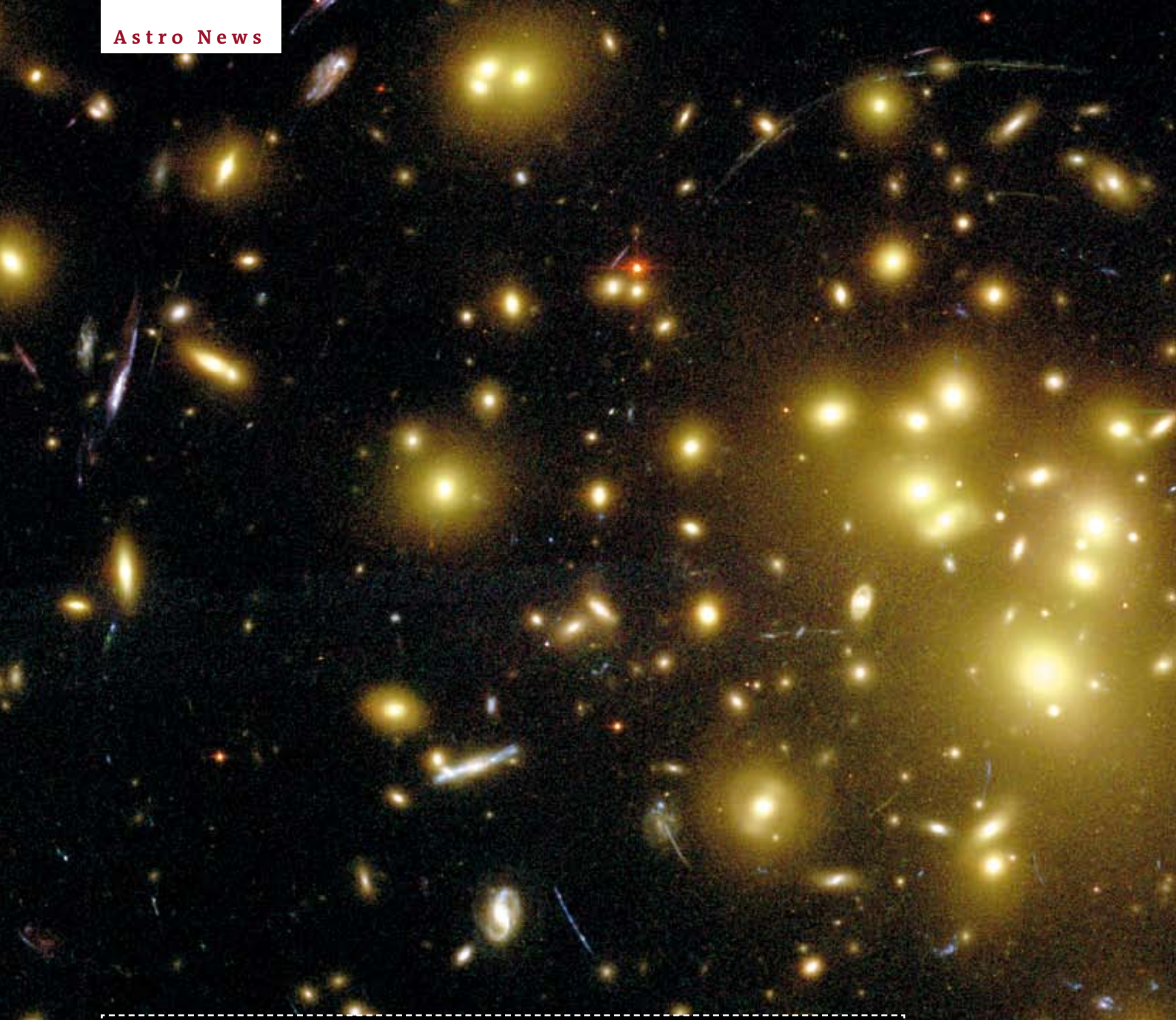


ILLUSTRATION: NASA, MSFC

Mit Sonnensegeln sollen Raumschiffe in Zukunft Sprit sparend durch das Weltall fliegen .

Senden Sie uns Ihre Fragen zu Astronomie und Raumfahrt! Wir bitten Experten um Antwort und stellen die interessantesten Beiträge vor.

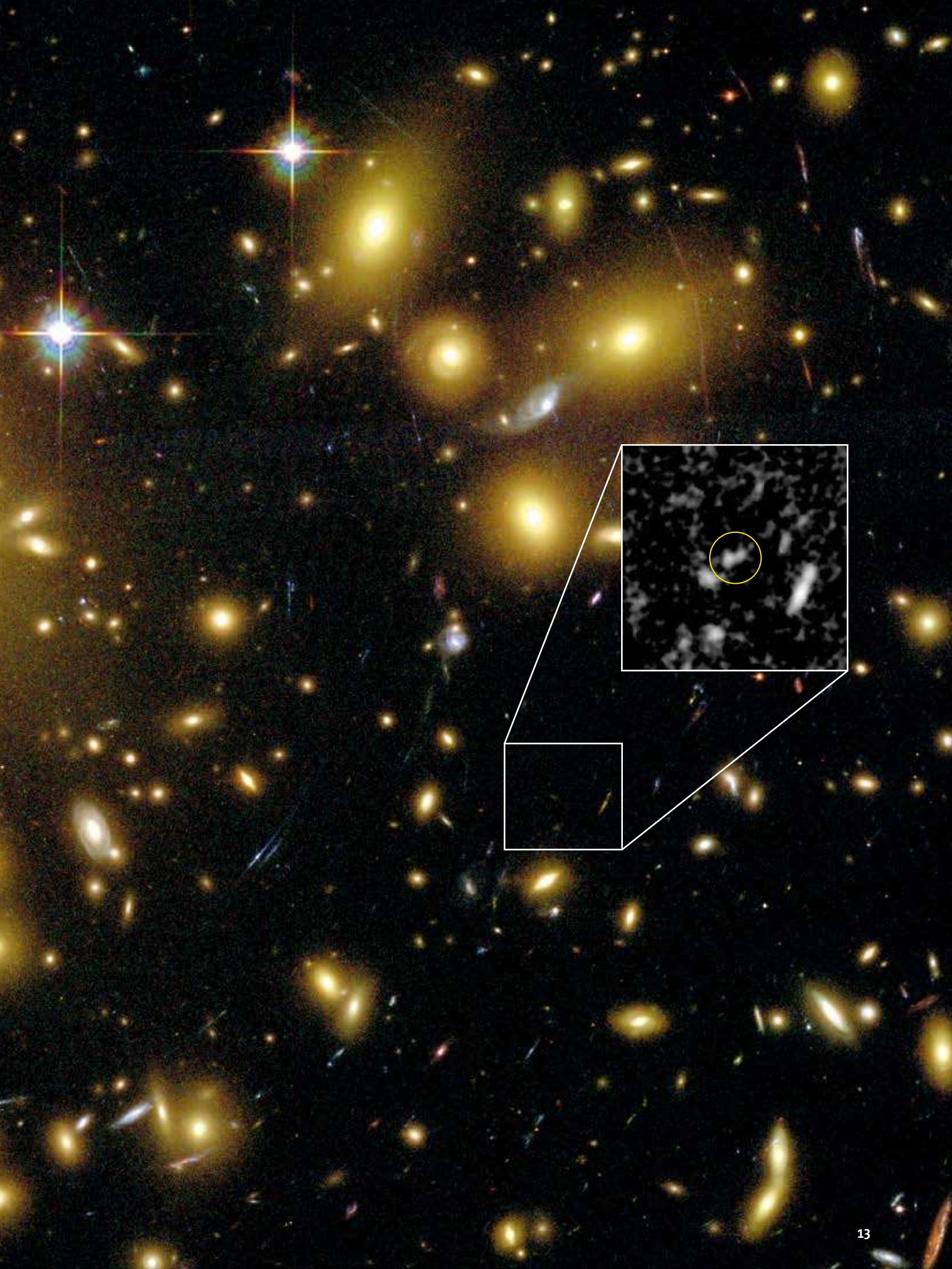


NASA / ESA / STScI / I.D. BRADLEY & H.C. FORD, JHU / R.J. BOUWENS & G.D. ILLINGWORTH, UCSC

GALAXIEN
IM SPINNENNETZ

WALLPAPER unter astronomie-heute.de/wallpaper

Billionen gelblich leuchtender Sterne sind auf dieser Aufnahme des Weltraumteleskops Hubble scheinbar in einem Netz von seltsam verzerrten Hintergrundgalaxien gefangen. Schuld daran sind sie selbst: Durch ihre enorme Masse biegen sie das Licht der im Hintergrund liegenden Sternsysteme und wirken dabei wie ein Vergrößerungsglas. Dieser Gravitationslinseneffekt erlaubte Astronomen nun einen Blick in die dunklen Zeiten des Universums – eine Spanne von etwa 400 000 bis eine Milliarde Jahren nach dem Urknall. In dieser Ära bildeten sich die ersten Sterne und vereinten sich zu den ersten Galaxien. Eine davon könnte die 12,8 Milliarden Lichtjahre entfernte A1689-zD1 gewesen sein, deren Licht ebenfalls verstärkt wurde. Durch die Expansion des Weltalls ist es jedoch in den infraroten Spektralbereich verschoben und somit nicht auf dieser optischen Aufnahme zu sehen. Auf den Infrarotbildern von Hubble und Spitzer erscheint die Galaxie als weiß-grauer Fleck (Kasten). <<



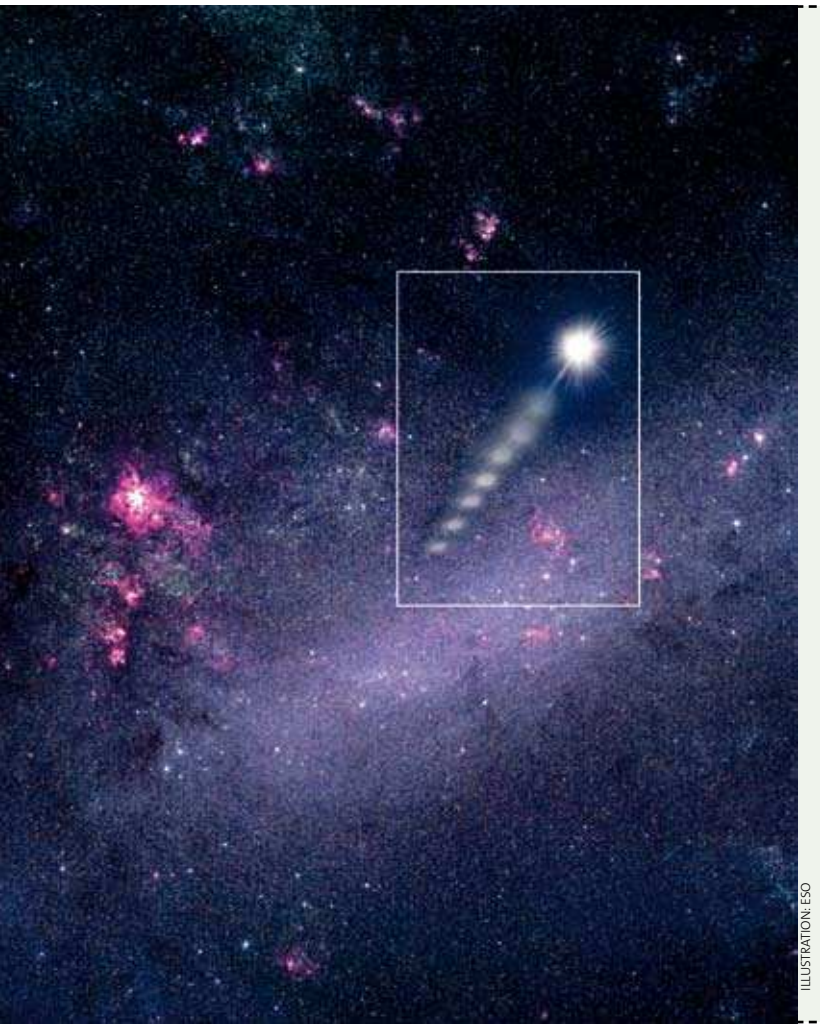


ILLUSTRATION: ESO

Mit einer Geschwindigkeit von etwa 2,6 Millionen Kilometern pro Stunde rast der Stern HE 0437-5439 durchs All.

SCHNELLLÄUFER Stern mit Hyperantrieb?

Der Stern HE 0437-5439 ist einer von nur zehn bekannten Hyperschnellläufern (englisch: Hyper-Velocity Stars) in der Umgebung der Milchstraße. Diese sind so rasend schnell, dass sie der Anziehungskraft der Galaxie entkommen können. Doch HE 0437-5439 unterscheidet etwas von den übrigen neun: Er ist weiter von der Galaxis entfernt, als es ihm bei seiner jetzigen Geschwindigkeit möglich wäre.

Warum das so ist, konnte nun ein Team um Alceste Bonanos von der Carnegie Institution of Washington endgültig klären. Ihre Beobachtungen von der Sternwarte auf dem Cerro Las Campanas in Chile ergaben ein Spektrum, mit dem sich die Häufigkeit verschiedener chemischer Elemente in HE 0437-5439 sehr genau ermitteln ließ. Das Ergebnis: Er stammt definitiv nicht aus der Milchstraße, sondern aus der Großen Magellanschen Wolke. Fraglich ist noch, was den dreißig Millionen Jahre alten Stern auf die derzeitige Geschwindigkeit von rund 2,6 Millionen Kilometer pro Stunde beschleunigte.

In der Milchstraße käme das supermassereiche Schwarze Loch in ihrem Zentrum dafür in Frage, doch ein solches ist in der irregulären Nachbargalaxie bislang nicht bekannt. »Dies ist der erste Hinweis aus Beobachtungen, dass es irgendwo in der Großen Magellanschen Wolke ein supermassereiches Schwarzes Loch geben muss«, erklärt Bonanos. »Wir sind schon sehr gespannt, wo genau es sich verbirgt!« <<

BEOBACHTUNG Der erste Tag im Leben eines Sterns

Astronomen vom Max-Planck-Institut für Radioastronomie in Bonn haben sich mit den 8,2-Meter-Einheiten des Very Large Telescope (VLT) erstmals einen äußerst jungen Stern bei mehreren Infrarotwellenlängen angeschaut und so wertvolle Informationen über die Frühzeit solcher Systeme erhalten.

MWC 147 ist im Vergleich zu einem Menschenleben gerade einmal einen Tag alt. Der junge, heiße Stern 8,5ter Größe gehört zur Klasse der Herbig-Ae/Be-Objekte und ist knapp sechsmal massereicher als unsere Sonne. Stefan Kraus und seine Kollegen konnten mit dem VLT-Interferometer der Europäischen Südsternwarte in Chile die Strahlung analysieren, die die Staub- und Gasscheibe um das »Baby« abgibt. Sie bedienten sich dabei zweier Detektoren gleichzeitig: eines für das nahe Infrarot, das die innerste Region der Scheibe enthüllt, sowie eines für das mittlere Infrarot, in dem das Gas und der Staub in größerer Entfernung vom Stern leuchtet.

Die Beobachtung förderte Überraschendes zu Tage: Der innere Bereich strahlt heller als erwartet. Die Forscher schließen daraus, dass innerhalb von etwa zwei Astronomischen Einheiten (AE) – also dem doppelten Abstand von Erde und Sonne – vom Stern nachströmende Staubkörner förmlich atomisiert werden. Ihren numerischen Modellen zufolge erstreckt sich die Scheibe bis zu hundert AE und füttert den Stern jährlich mit dem Zweifachen der Erdmasse an Gas. Damit hat MWC 147 ein ernstes Gewichtsproblem: Sein Ende droht nach nur 35 Millionen Jahren. Umgerechnet auf ein Menschenleben wären das einhundert Tage. <<

MIT FRDL. GEN. VON STÉPHANE GUISARD, WWW.ASTROSURF.COM/SGUISARD

Unweit des Rosettennebels (rechter Bildrand) liegt der junge Stern MWC 147 (Kasten).

KOSMOLOGIE Was lässt das Universum expandieren?

Die Materie im Weltall sollte sich eigentlich anziehen und so gemeinsam jene Expansion abbremsen, der das Universum seit seiner Geburt im Urknall unterworfen ist. Doch stattdessen driftet sie scheinbar unaufhaltsam auseinander – und das immer schneller. Jetzt fanden Forscher einen Weg, der Sache auf den Grund zu gehen.

Seit etwa zehn Jahren ist die beschleunigte Expansion des Weltalls bekannt, und seither suchen Wissenschaftler nach einer plausiblen Erklärung. Das allgemein akzeptierte Standardmodell der Kosmologie vermutet Dunkle Energie als treibende Kraft. Einige Physiker arbeiten hingegen an alternativen Lösungen – beispielsweise einer abgewandelten Gravitationstheorie.

Luigi Guzzo vom Osservatorio Astronomico di Brera im italienischen Merate und sein Team stellen nun eine neue Methode vor, um die verschiedenen Thesen zu überprüfen. Diese nutzt die scheinbare Bewegung von Galaxien aus, die aus zwei Effekten resultiert: Zum einen treibt die globale Expansion des Universums die Galaxien wie Rosinen in einem Hefeteig auseinander und zum anderen wirkt die gegenseitige Anziehungskraft der Materie dem Auseinandertreiben lokal entgegen.

Messen lässt sich die Dynamik der Galaxien durch die genaue Analyse ihres elektromagnetischen Spektrums, denn während das Licht durch den expandierenden Kosmos reist, wird es förmlich in die Länge gezogen. Astronomen bezeichnen das als kosmologische Rotverschiebung. Das Ausmaß dieser Dehnung hängt von der überwundenen Distanz ab. Die Eigenbewegung der Galaxien im Schwerefeld ihrer Nachbarn verfälscht allerdings die eigentliche Rotverschiebung, indem sie diese je nach Bewegungsrichtung verstärkt oder schwächt.

Die winzigen Abweichungen können, gemessen in verschiedenen Epochen des Universums, den Grund für die Expansion verraten, meinen Guzzo und seine Kollegen. Mit dem Very Large Telescope der Europäischen Südsternwarte in Chile beobachteten sie am Himmel einen Bereich, der etwa der zwanzigfachen Fläche des Vollmonds entspricht, und suchten darin nach Sternsystemen, die rund sieben Milliarden Lichtjahre von uns entfernt liegen. Letztlich vermaßen sie Verteilung und Bewegung von mehreren tausend Galaxien. Ihre Daten verglichen sie mit denen früherer Durchmusterungen, die jene Effekte bereits im lokalen und damit im heutigen Universum untersucht hatten.

Die Ergebnisse sind mit großen Messfehlern behaftet und so können die Forscher lediglich eine breite Übereinstimmung mit den momentan favorisierten kosmologischen Modellen zeigen, in denen Dunkle Energie die beschleunigte Expansion verantwortet. Dennoch geben sie zu, dass auf Grund der großen Unsicherheiten andere Szenarien nicht gänzlich auszuschließen sind. Ein wenig deprimierend vielleicht, doch Guzzo und Co. sehen es positiv: Immerhin scheint die Methode zu funktionieren.

Kommende Durchmusterungen, die das Hundertfache des jetzt untersuchten Gebiets abdecken, werden ihrer Meinung nach helfen, zwischen einzelnen Modellen zu unterscheiden. <<

»STERNE UND WELTRAUM« FÜR SCHULEN

Die Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung übernimmt erneut im Rahmen der Aktion »Wissenschaft in die Schulen!« für 100 Schulen die Kosten eines Online-Zugangs zum Archiv von »Sterne und Weltraum« für ein Jahr!

Wenn Sie Lehrer sind und mit Ihrer Schule teilnehmen möchten, wenden Sie sich bitte innerhalb von vier Wochen nach Erscheinen dieser Anzeige an:
Wissenschaft in die Schulen!
Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH,
Postfach 10 48 40, 69038 Heidelberg, Deutschland
E-Mail: wis@wissenschaft-schulen.de
Voraussetzung für eine Teilnahme ist die Begründung der Bewerbung (max. eine Seite Text), die Angabe von Namen und Anschrift der Schule sowie Ansprechpartner inklusive E-Mail-Adresse.

Wilhelm und Else Heraeus Stiftung

»Wissenschaft in die Schulen!« bietet monatlich praxisnahes didaktisches Material zu ausgewählten naturwissenschaftlichen Themen und kann in den regulären Unterricht einbezogen werden. Für das Gebiet Physik ist dies dank einer Kooperation des Max-Planck-Instituts für Astronomie in Heidelberg, der Landesakademie für Fortbildung und Personalentwicklung an Schulen, Bad Wildbad, und der Klaus Tschira Stiftung gGmbH möglich. Das Material finden Sie bei www.wissenschaft-schulen.de.
Die Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung ist eine gemeinnützige Stiftung des bürgerlichen Rechts. Ihr Zweck ist die Förderung von Forschung und Ausbildung in den Naturwissenschaften, insbesondere der Physik. Die Stiftung arbeitet eng mit der Deutschen Physikalischen Gesellschaft zusammen.

Eine Initiative von Spektrum der Wissenschaft
mit den Schirmherren Max-Planck-Institut für Astronomie und Gesellschaft für Biochemie und Molekularbiologie e. V.

Naturwissenschaftliches Wissen aus erster Hand für Schulen und Schüler

wis
wissenschaft in die schulen!

SONNENSYSTEM Doch wieder neun?

Möglicherweise kreist ein neunter Planet jenseits der Neptunbahn um die Sonne – und es ist nicht Pluto. Zu diesem Ergebnis kommen die beiden Astronomen Patryk Sofia Lykawka und Tadashi Mukai von der japanischen Universität Kobe auf Grund von Computersimulationen.

Der fast erdgroße Planet soll sich im äußeren Bereich des Kuiper-Gürtels befinden – einer Zone voller Eis- und Gesteinsbrocken. Einige Eigenschaften sind den Astronomen bis heute ein Rätsel. So nimmt die Zahl der Objekte in der äußeren Region des Gürtels, die als »Kuiper Cliff« (Kuiper-Klippe) bekannt ist, unvermittelt stark ab. Zudem folgen die Brocken im Kuiper-Gürtel mindestens drei sehr verschiedenen Arten von Bahnen. Mit Hilfe von umfassenden Computermodellen der planetaren Scheibe untersuchten Lykawka und Mukai den Ursprung und die Evolution der Umlaufbahnen von Trans-Neptun-Objekten (TNO). Darauf basierend schlagen sie einen neunten Planeten vor, um die mysteriöse Architektur und Dynamik des Kuiper-Gürtels zu erklären.

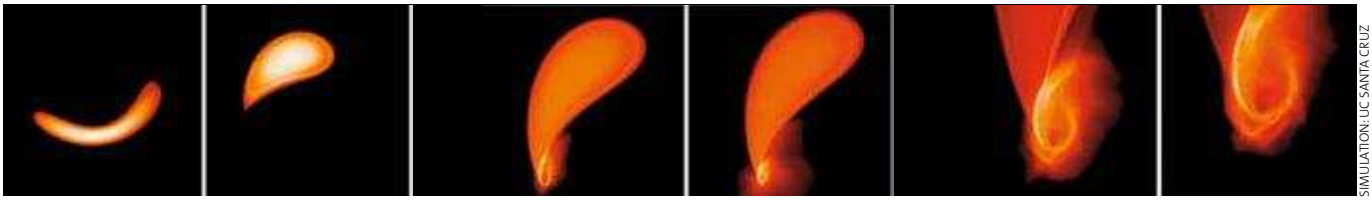
Danach besteht »Planet X« hauptsächlich aus Eis und Gestein und vereint zwischen dreißig und siebzig Prozent der Erdmasse in sich. Bei einer Entfernung von 100 bis 175 Astronomischen Einheiten (eine Astronomische Einheit entspricht dem Abstand Erde-Sonne) vom Zentralgestirn braucht er zwischen 1000 und 2500 Jahre für eine Umrundung – Pluto hingegen nur 248. Die Neigung seiner Bahn in Bezug auf die Ebene, in der die übrigen Planeten laufen, könnte bis zu vierzig Grad betragen. Damit liefern die beiden Forscher überprüfbare Vorhersagen, und in den nächsten Jahren könnte die Existenz des Superplutos ihrer Meinung nach bestätigt werden.

Lykawka ist nicht der Erste, der einen weiteren Planeten hinter dem Neptun vermutet. Bereits 2002 hatten Astronomen um Mario Melita von der Queen Mary University of London einen Planeten prophezeit: mindestens so massereich wie Mars und etwa sechzig AE von der Sonne entfernt. Doch wie sich wenige Jahre später herausstellte, konnte ihr Planet nicht alle beobachteten Eigenschaften des Kuiper-Gürtels erklären. <<

ILLUSTRATION: S&T, CASEY B. REED

Suburbia des Sonnensystems: Im Kuiper-Gürtel, jenseits der Neptunbahn, treiben abertausende Eis- und Gesteinsbrocken umher.

SIMULATION Test für Schwarze Löcher der Mittelklasse



SIMULATION: UC SANTA CRUZ

Die Schwerkraft eines Schwarzen Lochs lässt einen Weißen Zwerg explodieren. In einer Blase stößt er seine Masse ins All ab, während der Rest ins Schwarze Loch fällt.

Am Computer simulierten Forscher, was mit einem weißen Zwergstern geschieht, der einem Schwarzen Loch mittlerer Masse zu nahe kommt. Die enorme Anziehungskraft würde demnach starke Gezeitenkräfte in dem Stern verursachen und letztlich zu einer charakteristischen Explosion führen. Der Nachweis einer solchen Supernova würde zudem die Existenz derartiger Schwarzer Löcher bekräftigen.

Enrico Ramirez-Ruiz von der University of California in Santa Cruz und sein Team betrachteten einen Weißen Zwerg mit zwei zehntel und ein Schwarzes Loch mit der tausendfachen Sonnenmasse. Laut ihren Berechnungen würden die Gezeitenkräfte den Sternrest zunächst in eine abgeflachte Form bringen – ähnlich einem Pfannkuchen. Daraus resultieren extreme Druckverhältnisse in seinem Innern, die zu einem starken Anstieg der Temperaturen und schließlich zu Kernreaktionen führen. Bei der darauf folgenden Explosion wird mehr als die Hälfte der Sternmaterie in den Raum geschleudert, während der Rest in Richtung des Schwarzen Lochs fällt. Dort sammelt er sich in einer Akkretionsscheibe, die Röntgenstrahlen aussendet. Und diese sollte mit geeigneten Teleskopen nachweisbar sein.

Schwarze Löcher der Mittelklasse vereinen zwischen fünfhundert und tausend Sonnenmassen in sich. Bislang gibt es auf sie viel weniger Hinweise als auf stellare Schwarze Löcher mit nur wenigen Sonnenmassen und auf die supermassereichen Exemplare (Millionen bis Milliarden Sonnenmassen) in den Zentren von Galaxien. <<

RAUMFAHRT Space-Jet für Himmelsstürmer

VIRGIN GALACTIC

Von einem Trägerflugzeug wird das SpaceShipTwo (mittlerer Rumpf) in die Höhe befördert.

Der britische Milliardär Richard Branson und der Luftfahrtingenieur Burt Rutan haben im Januar dieses Jahres den Nachfolger des legendären SpaceShipOne vorgestellt, das SpaceShipTwo.

Das neue Raumfahrzeug soll sechs betuchte Kunden und zwei Mann Besatzung in hundert Kilometer Höhe bringen können und ihnen damit zu einem suborbitalen Weltraumflug mit bis zu viereinhalb Minuten Schwerelosigkeit verhelfen. Testflüge des jetzt erst in einem Modell vorgestellten SpaceShipTwo sollen noch in diesem Sommer stattfinden.

Das SpaceShipTwo soll, genau wie sein Vorgänger, von einem Trägerflugzeug, dem ebenfalls neuen White Knight Two, in 15 Kilometer Höhe gebracht und dann ausgeklinkt werden. Mit seinem Hybrid-Raketentriebwerk beschleunigt SpaceShipTwo dann weiter und berührt am Scheitelpunkt seiner Bahn nach landläufiger Definition den Rand des Alls.

Nach Auskunft von Will Whitehorn, Chef von »Virgin Galactic«, ist das SpaceShipTwo bereits zu sechzig Prozent fertig gestellt. Mehr als zweihundert Anmeldungen aus über dreißig Ländern lägen bereits vor. Für schlappe 200 000 US-Dollar pro Ticket ist ein Trip zu haben. Bevor der reguläre Flugbetrieb aufgenommen wird, muss das neue Raumfahrzeug jedoch noch seine Betriebssicherheit unter Beweis stellen. Im Juli 2007 kamen bei der Explosion eines Tanks drei Menschen ums Leben, drei weitere wurden schwer verletzt. <<

VERÄNDERLICHE Entfernung zu einem Cepheiden überprüft

Mit Hilfe von in einem Nebel reflektierten Sternlicht konnten Astronomen die Entfernung eines Cepheiden mit bisher unerreichter Genauigkeit bestimmen. Diese Klasse veränderlicher Sterne dient im Weltall als Entfernungsmesser.

Mit dem 3,6-Meter-Teleskop der Europäischen Südsternwarte auf dem La Silla in Chile beobachteten Pierre Kervella vom Observatoire de Paris und seine Kollegen den pulsierenden Stern RS Puppis, der innerhalb der Milchstraße im Sternbild Achterdeck (»Puppis«) liegt und auch mit einem Fernglas gut zu sehen ist. Seine Helligkeit schwankt alle 41,4 Tage um das Fünffache. Als einzig bekannter seiner Art ist er in einen großen Nebel eingebettet, dessen feiner Staub einen Teil des Sternlichts reflektiert.

Da es den Umweg über die Staubkörner genommen hat, kommt es ein wenig später im Teleskop an als das direkt reisende Sternlicht. Aus dieser Zeitverzögerung berechnen die Wissenschaftler die Distanz zwischen RS Puppis und der reflektierenden Staubwolke im Nebel. Durch den scheinbaren Abstand der beiden am Himmel lässt sich dann die Entfernung des Sterns von der Erde bestimmen. Anhand von Beobachtungen vieler Lichtechos im Nebel schlossen die Forscher auf einen Wert von 6500 plus/minus 90 Lichtjahre.

Die neue Messung basiert auf rein geometrischen Überlegungen, während andere auf physikalische Modelle des Sterninnern zurückgreifen müssen. Eine dieser indirekten Methoden hat zwar Fehler in einer ähnlichen Größenordnung, doch beziehen diese die Unsicherheiten über die zu Grunde liegenden Hypothesen nicht mit ein. Mit ihrem Ergebnis bestätigen Kervella und sein Team nun die Verlässlichkeit dieser Perioden-Helligkeits-Beziehung. Seit fast hundert Jahren ziehen Astronomen Cepheiden heran, um Entfernungen im Weltall zu bestimmen. <<

Große Auswahl, kompetente Beratung, guter Service!

Aber damit geht es bei uns erst los! Bevor wir zu einem bestimmten Kauf raten, wollen wir sicher sein, Ihnen auch wirklich das Optimum des Verfügbaren in Bezug auf Ihre Bedürfnisse, Größe, Transportabilität, Qualität und Preis aus der Vielzahl der Marktanbieter herausgesucht zu haben. Wir stellen auf Wunsch das Instrument nicht nur auf, sondern wir weisen ein, beraten beim Zubehör, geben Ihnen Beobachtungstipps, ja wir beobachten auf Wunsch sogar mit Ihnen, um Ihnen den Einstieg in Ihr neues Hobby so angenehm und so einfach wie nur möglich zu machen.

Und wenn's denn eine eigene Sternwarte sein soll, haben wir auch die passenden Beobachtungs-Kuppeln dazu. Von 2,3m über 3,2m bis 4m als preisgünstige Standardmaße und darüberhinaus als Sonderanfertigung bieten wir unsere Kuppeln nun bereits seit vielen Jahren in Europa an. GFK (glasfaserverstärkter Kunststoff) als aus dem Bootsbau bekanntes und bewährtes Material bietet sich für Kuppeln ideal an. Unsere GFK Astro-Kuppeln sind mehrteilige, verwindungssteife und formschöne Kuppelkonstruktionen aus Glasfaser-Polyesterkunststoff mit einem Kopfüber-Schiebetor und einer

NEU: 20x80 Groß-Fernglas mit Panorama-Montierung und Stativ - *jetzt nur € 799,00!*

Preis-Reduzierung!

Ausstell-Horizontklappe (Größen ab 5m können alternativ mit seitlich verschiebbaren Toren hergestellt werden – wie zB. „Mount Palomar").

Profitieren Sie von der über 20-jährigen Erfahrung unserer Mitarbeiter, sprechen Sie mit unseren Fachkräften und vereinbaren Sie einen unverbindlichen Beratungstermin in unserem Ausstellungsraum. Wir freuen uns darauf, Sie bei uns begrüßen zu dürfen!

Viele weitere interessante Produkte sowie eine aktuelle Schnäppchenliste mit günstigen Angeboten finden Sie im Internet unter **www.astrocom.de**!

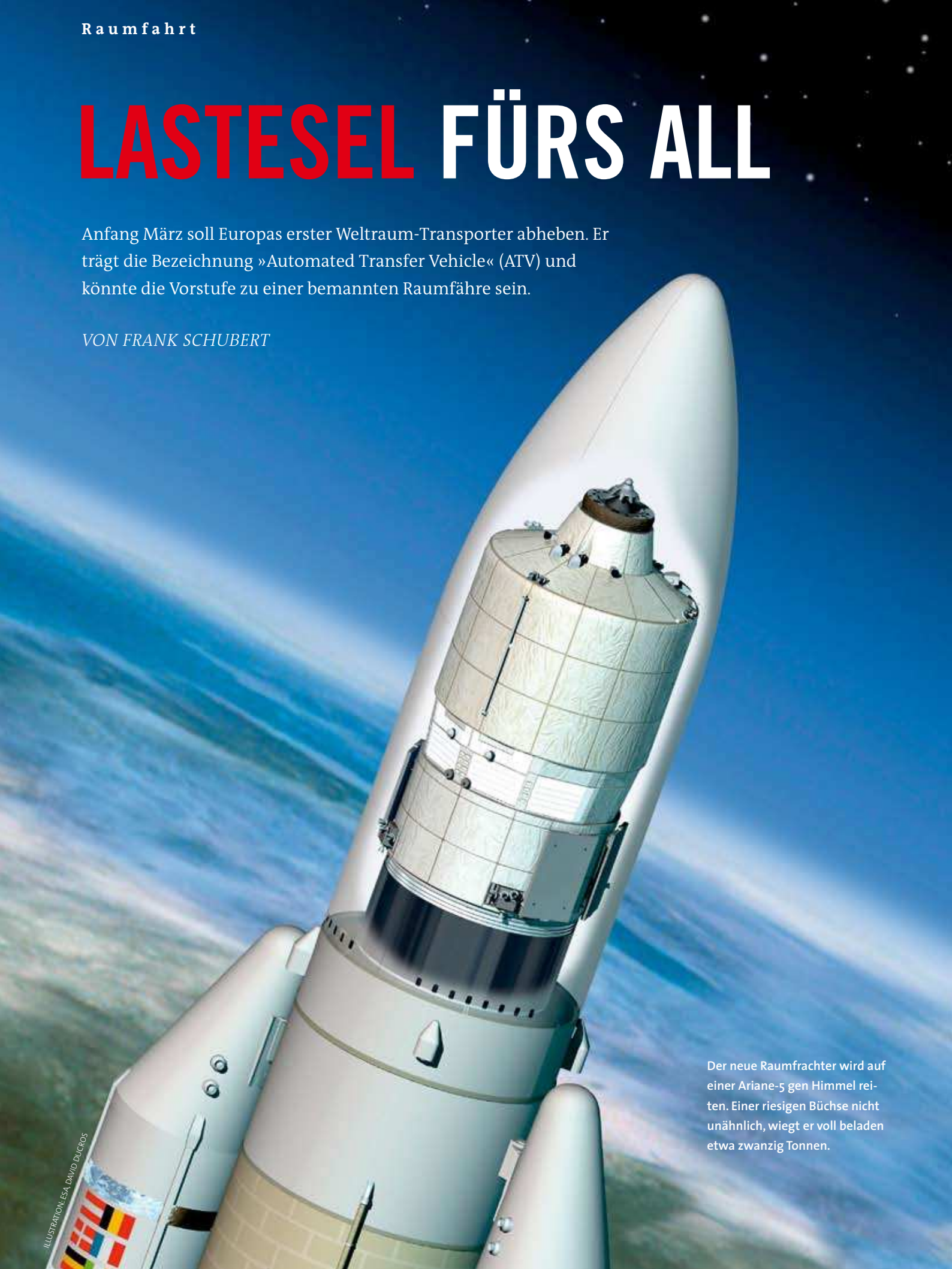
ASTROCOM

ASTROCOM GmbH/Abt. 3 • Fraunhoferstraße 14
D-82152 MÜNCHEN-Martinsried
☎ ☺ (089) 8583 660 • Fax (089) 8583 6677
eMail: service@astrocom.de • www.astrocom.de

LASTESEL FÜRS ALL

Anfang März soll Europas erster Weltraum-Transporter abheben. Er trägt die Bezeichnung »Automated Transfer Vehicle« (ATV) und könnte die Vorstufe zu einer bemannten Raumfähre sein.

VON FRANK SCHUBERT



Der neue Raumfrachter wird auf einer Ariane-5 gen Himmel reiten. Einer riesigen Büchse nicht unähnlich, wiegt er voll beladen etwa zwanzig Tonnen.

ILLUSTRATION: ESA, DAVID DUCROS

Das Jahr 2008 fängt für die europäische Raumfahrt gut an. Kurz hintereinander laufen zwei ihrer Flaggschiffe vom Stapel. Da war zunächst der erfolgreiche Start des Weltraumlabors Columbus am 7. Februar. Und gut vier Wochen später, am 8. März, soll der erste ATV-Transporter die Erde verlassen (Stand bei Redaktionsschluss).

Die Beteiligten, insbesondere bei der Europäischen Weltraumorganisation Esa, dürften erleichtert aufatmen. Für sie gehen lange Jahre des Wartens und des Aufschubs zu Ende. Columbus sollte ursprünglich im Herbst 2005 starten. Daraus wurde nichts, weil die Amerikaner wegen des Columbia-Unglücks vorübergehend ihre Shuttleflotte stilllegten. Beim ATV ist die Verzögerung noch größer. Der Frachter sollte seinen Erstflug im Herbst 2004 absolvieren. Doch die Entwicklungs- und vor allem die Testphase dauerten länger als geplant.

Gleichwohl bricht jetzt eine neue Etappe in der Raumfahrt an. Columbus ist das erste europäische Modul der Internationalen Raumstation ISS. Mit ihm leisten sich die Europäer eine einmalige Forschungsstätte in der Schwerelosigkeit; zugleich verpflichten sie sich dazu, die Unterhaltskosten der Station mitzutragen (AH 3/2008, S. 20).

Auch der Start des Raumtransporters ATV ist bedeutsam – das Vehikel wird eine große Rolle bei der Versorgung der ISS spielen. »Ab 2009 soll die ständige ISS-Besatzung auf sechs Personen aufgestockt werden, unter anderem, um mehr Forschung im All zu betreiben«, sagt Lionel Ferra, Astronauten-Ausbilder am Europäischen Astronautenzentrum. »Ohne den neuen europäischen Frachter ginge das nicht.«

Das ATV ist ein unbemannter Schwerlasttransporter und das komplexeste Raumfahrzeug, das je in Europa entwickelt wurde. Es fliegt selbstständig zur ISS, dockt automatisch dort an, dient monatelang als Vorratslager und Müllcontainer der Station und stürzt schließlich kontrolliert ab. »Der Frachter muss diese anspruchsvollen Aufgaben so zuverlässig erfüllen, dass die Sicherheit der ISS-Crew jederzeit gewährleistet ist«, sagt Martin Zell von der Esa-Direktion für bemannten Raumflug, Schwerelosigkeitsforschung und Exploration.

Mit zehn Meter Länge und viereinhalb Meter Durchmesser ist der europäische Raumtransporter etwa so groß wie ein Doppelstockbus. Seine Leermasse beträgt mehr als zehn Tonnen, seine Nutzlast von siebeneinhalb Tonnen übertrifft die des russischen Frachtschiffs Progress um mehr als das Doppelte. Voll beladen wiegt er zwanzig Tonnen, das ist die größte Last, die seine Trägerrakete Ariane-5 bisher ins All hieven musste.

»In den nächsten Jahren will die Esa vier weitere ATVs bauen lassen«, sagt Zell. Für die Raumfahrtindustrie ein lukratives Geschäft: Die Gesamtkosten für den ersten Frachter, der am 8. März starten sollte und auf den Namen Jules Verne getauft wurde, beliefen sich auf 1,3 Milliarden Euro. Der Großteil davon floss in die Entwicklung; bei der Produktion von weiteren Exemplaren sinkt der Stückpreis. »Es ist schwer zu schätzen, wie viel die nächsten Transporter kosten werden«, erläutert Ferra, »angepeilt sind 100 bis 150 Millionen Euro pro Start.«

Auf eigene Faust

Am ATV-Programm beteiligen sich zehn europäische Länder, Russland und die USA. Die Produktion findet hauptsächlich in Deutschland statt. Künftig soll alle 18 Monate ein ATV vom Weltraumbahnhof Französisch-Guayana (Südamerika) abheben. Eine spezielle Version der Ariane-5, die Ariane-5-ES, wird den Koloss in den Weltraum schießen.

Siebzig Minuten nach dem Start trennt er sich von der Rakete. Seine Navigationssysteme werden aktiviert, was ihn zu einem eigenständigen Raumschiff macht. Nach bis zu zehn Flugtagen kommt er in Sichtweite der ISS. Dann leiten seine Computer eine Folge von Manövern ein, die ihn immer näher an die Station heranführen.

Schließlich dockt der Frachter an die ISS an. Er schafft das mit Hilfe von Laserleitsystemen und Kameras, die ihm seine Position, Geschwindigkeit und Ausrichtung laufend übermitteln. »Das Besondere am ATV ist, dass es diese Manöver völlig autonom ausführt«, sagt Zell, »eine Kollision mit der Station hätte katastrophale Folgen.« Im ATV-Kontrollzentrum im französischen Toulouse überwachen sechzig Experten jede kritische Flugphase. Sollten beim Andocken Probleme auftreten, leitet der Frachter ein Ausweichmanöver ein. Misslingt das, interveniert das Bodenteam. Im äußersten Fall kann die ISS-Besatzung das Vehikel per Knopfdruck auf einen programmierten Ausweichkurs dirigieren.

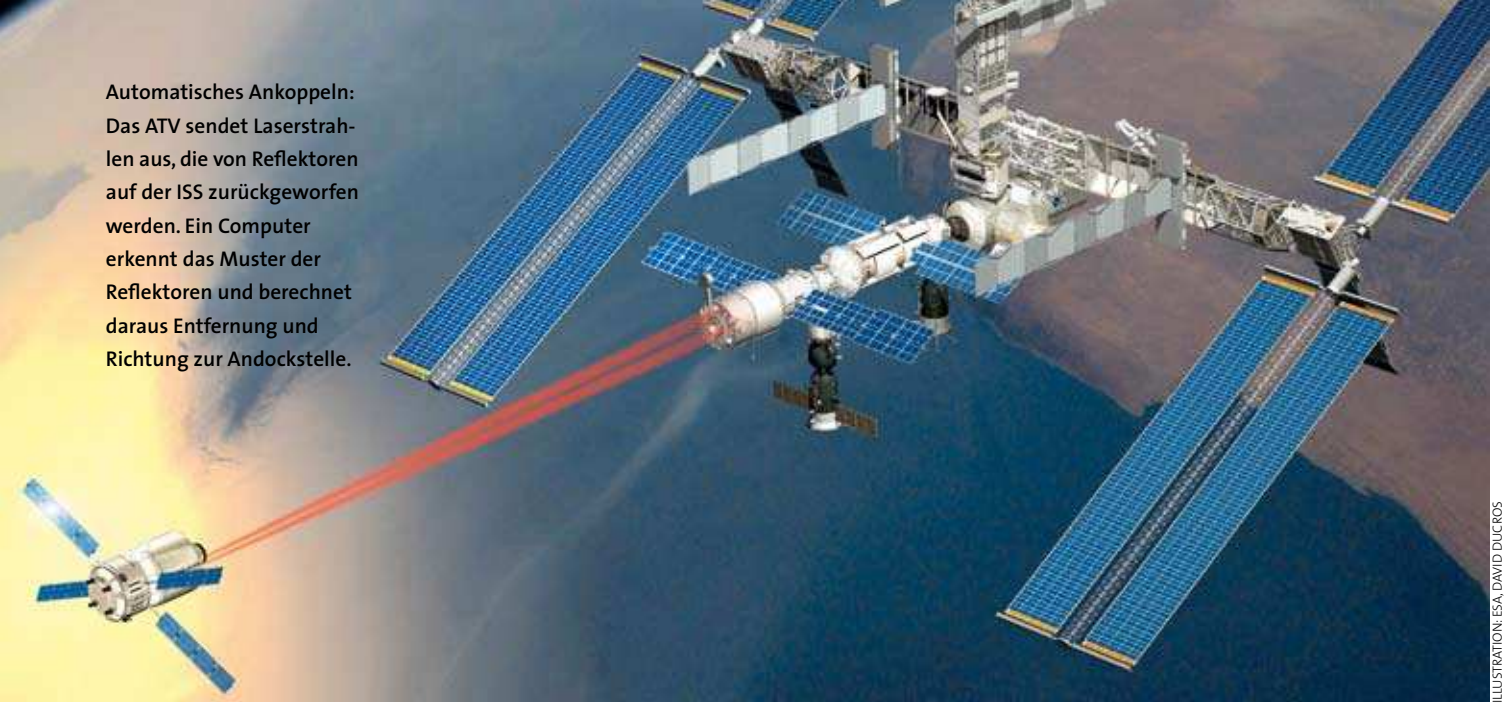
Jede Menge Stauraum

ILLUSTRATION: ESA, DAVID DUCROS

Das ATV hat eine fast dreimal so große Nutzlast wie der russische Progress-Transporter. Im Einzelnen kann es befördern:

- **Trockenfracht:** 1,5 bis 5,5 Tonnen in acht speziellen Schränken (Racks)
- **Wasser:** bis zu 840 Kilogramm
- **Gas (zum Beispiel Atemluft):** bis zu 100 Kilogramm
- **Treibstoff für die ISS:** bis zu 860 Kilogramm
- **Treibstoff zum Anheben der ISS:** bis zu vier Tonnen

Alles zusammen darf nicht mehr wiegen als siebeneinhalb Tonnen. Hinzu kommen noch einmal zwei Tonnen Treibstoff, die das ATV für den Flug zur Raumstation und den kontrollierten Absturz benötigt.



Automatisches Ankoppeln: Das ATV sendet Laserstrahlen aus, die von Reflektoren auf der ISS zurückgeworfen werden. Ein Computer erkennt das Muster der Reflektoren und berechnet daraus Entfernung und Richtung zur Andockstelle.

ILLUSTRATION: ESA, DAVID DUCROS

Nach dem Ankoppeln entladen die Astronauten den Transporter. Sie räumen seine acht Schränke aus, in denen Wartungsmaterialien, Lebensmittel, Forschungsgeräte und Post verstaut sind (siehe Kasten S. 19). Die Wasser-, Treibstoff- und Atemluftanks des Versorgungsschiffs werden an die ISS angeschlossen. Bis zu sechs Monate bleibt das ATV mit der Station verbunden. Während dieser Zeit entnimmt die Crew nach und nach seine Fracht und belädt es im Gegenzug mit den Abfällen der ISS.

Bitte mal anschieben

Gelegentlich zündet der Transporter seine Haupttriebwerke und hebt die Raumstation auf eine höhere Umlaufbahn. Das ist nötig, weil auf dem Niveau der ISS – etwa 350 Kilometer über dem Boden – eine dünne Restatmosphäre vorhanden ist. Wegen der Reibung darin verliert die Station ständig an Fahrt und sinkt ab. ATV ist mit seinen relativ starken Triebwerken – sie sind denen des russischen Progress-Frachters überlegen – gut dafür geeignet, sie von Zeit zu Zeit wieder in Schwung zu bringen.

Am Ende der Andockphase verriegeln die Raumfahrer die Luke des ATV und die Bodenkontrolle trennt ihn von der Station. Der Transporter zündet seine Bremstriebwerke und steuert auf programmiertem Pfad mit gewollt starker Luftreibung in die Erdatmosphäre. Über dem Pazifik verglüht er – mitsamt dem Müll von der Station. »Ein paar Teile kommen vielleicht unten an, aber sie werden in einem vorher bekannten, entlegenen Gebiet innerhalb des Südpazifiks niedergehen«, beschreibt Zell.

Für die Europäer bringt das ATV einen strategischen Nutzen mit sich. Die Esa beteiligt sich fortan zu 8,3 Prozent an den Betriebskosten der Raumstation – dieses Geld müsste sie der Nasa überweisen. Stattdessen verrechnet sie den Betrag mit den Transportleistungen des ATV. Das hat den Vorteil, dass Europa nicht einfach nur zahlt, sondern Sachleistungen einbringt, die von der hiesigen Raumfahrtindustrie entwickelt und umgesetzt werden.

»Die Technologie des ATV könnte zudem als Grundlage dienen, um neue europäische Raumfahrzeuge zu entwickeln«, sagt Zell. Denkbar ist etwa, die Druckkabine des Frachters durch eine Rückkehrkapsel mit Hitzeschild zu ersetzen. Damit ließe sich Nutzlast zur Erde zurückbringen. Möglich ist auch, das ATV zu einem unbemannten Weltraumlabor, zur Basis einer Miniraumstation oder zu einem Mondfrachter weiterzuentwickeln. Zudem denkt die Esa darüber nach, auf Basis des ATV eine bemannte Raumfähre zu entwerfen – allerdings müsste die Technik dafür stark verändert werden.

Der große Wunsch der Europäer ist es, irgendwann aus eigener Kraft Astronauten ins All zu schicken. Darauf arbeiten sie seit Jahrzehnten hin – mal in nationaler Initiative, mal in internationalen Kooperationen. Europas neuer Raumtransporter könnte sich als wichtige Etappe auf diesem Weg erweisen. <<

FRANK SCHUBERT *ist ständiger Mitarbeiter bei AH. Links zu diesem Thema finden Sie unter astronomie-heute.de/artikel/942936.*

INDUSTRIE-PARTNER

ESA

Das ATV ist für die Industrie ein wichtiges Geschäft – besonders für die deutsche. Hauptauftragnehmer für die Produktion ist EADS Astrium Space Transportation in Deutschland. Beteiligt sind unter anderem die Firmen RWE, MAN, DJO, OHB, Tesat (Deutschland); Snecma, Sodern, Thales Alenia Space (Frankreich); Saab Ericson (Schweden); Oerlikon Space (Schweiz); RSC Energija (Russland); Terma (Dänemark).

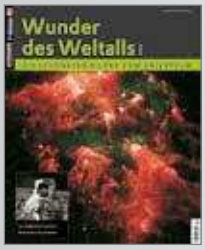
Wissen kompakt

<<< Dossier »Lustvolle Geometrie«

Sudoku und andere Knobeleien, mit merkwürdig geformten Klötzchen den Boden auslegen oder viel Schokolade essen, ohne in die Seife zu beißen: Das Dossier »Lustvolle Geometrie« beinhaltet die unterhaltsamsten Beiträge aus unserer Rubrik »Mathematische Unterhaltungen«.
Aus dem Inhalt: Magische Quadrate – Pflasterungen der Ebene – Ausflüge in höhere Dimensionen – Spiele auf Quadrat- und Sechseckgittern; € 8,90

› Flecken, Flares, Eruptionen
› Magnetfelder und Sonnenwind
› Die Heliosphäre als Physiklabor
› Einflüsse auf unsere Erde
€ 8,90

› Sternaufnahmen mit dem Fotoapparat
› Planetenjagd mit Webcams
› Filme selbst entwickeln
› Tipps für den Astrourlaub
› Die Kamera am Fernrohr
€ 8,90



Spektakuläre Aufnahmen von Planeten, Galaxien, Nebeln und Kugelsternhaufen sowie ein Bericht über die amerikanische bemannte Raumfahrt
€ 7,90

Die 200 schönsten Galaxien in Bildern der besten Astrofotografen:
› Die Andromedagalaxie
› Zwischen Herkules und Perseus
› Galaxien in den Jagdhunden und im Haar der Berenike
€ 7,90

› Die Entstehung von Sternen und Planeten
› Was ist ein Planet?
› Auf der Suche nach Planeten bei anderen Sternen
› Wo gibt es Zwillinge der Erde?
€ 8,90

› Katalysatoren zum Abbau hartnäckiger Schadstoffe
› Molekulare Bauklötze für Nanostrukturen
› Aus einem Guss: Abdrücke von Molekülen in Plastik
€ 8,90

› Vor dem Urknall: Welt ohne Anfang?
› Im Griff der Dunklen Energie
› Planeten: Von der Staubmaus zur Erde
› Der geheimnisvolle Ursprung der Braunen Zwerge
€ 8,90

› Der selbst gebaute Supercomputer
› Speichermedien: Im Reich der Terabytes
› Photonische Computer: Rechnen mit Lichtgeschwindigkeit
› Spielregeln für Quantencomputer
€ 8,90

› Nebra: Der geschmiedete Himmel
› Jungsteinzeitliches Sonnenobservatorium
› Die Weltkarte des Ptolemäus
› Muslimische Astronomie
€ 8,90

› Konrad Zuses »Rechnender Raum«
› Das Weltall als Quantenrechner
› Spekulation: Abschaffung des Menschen?
€ 8,90

› Entstehung der Erde
› Geschichte des Lebens
› Meteoriten: Bedrohung aus dem All
› Sind wir allein im All?
€ 8,90

Alle Hefte sind auch über den Handel erhältlich.

Eine Bestellmöglichkeit finden Sie unter

www.spektrum.com/sonderhefte

Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH | Slevogtstraße 3–5 | 69126 Heidelberg | Tel 06221 9126-743 | Fax 06221 9126-751 | service@spektrum.com

ASTRONOMIE AM ENDE DER WELT

Europäische Forscher schwärmen von der klaren Sicht in der Antarktis. Ist die Eiswüste ein perfekter Standort für die Beobachtung des Himmels?

VON SVEN TITZ

KARIM AGABI, U. NICE, LUAN

Mehr als tausend Kilometer von der Küste entfernt und in 3230 Meter Höhe trotzt die Concordia-Station den extremen Bedingungen in der Antarktis.

NASA, ARC

ENTDECKER

Wer als Erster den antarktischen Kontinent erblickte, ist nicht zweifelsfrei geklärt. Gleich drei Seefahrer waren 1820 in den eisigen Gewässern unterwegs: Fabian von Bellingshausen, Seefahrer in russischen Diensten, der amerikanische Robbenjäger Nathaniel Palmer sowie der irisch-britische Seefahrer und Forscher Edward Bransfield. Vielleicht bekamen aber auch chinesische Seefahrer den weißen Kontinent schon einige Jahrhunderte früher zu Gesicht – eine bislang noch umstrittene These.

An diesem pechschwarzen Himmel sind mehr Sterne zu sehen als an jedem anderen Ort der Erde. Doch es ist kalt – kälter als eiskalt! Die Temperatur sinkt an manchen Tagen bis auf minus achtzig Grad Celsius. Einige Astronomen, die gerade aus einer Forschungsstation heraustreten, haben sich dick vermummt. Frierend versuchen sie, eines ihrer Teleskope vom Raureif zu befreien, denn das Eis hat ausgerechnet eines von den Instrumenten blockiert, die normalerweise automatisch gesteuert werden. Jetzt muss einer der Wissenschaftler sogar seine Handschuhe ausziehen, um das Gerät wieder in Gang zu bringen. Bis die Polarnacht zu Ende geht und die Sonne wieder über den schneeweißen Horizont lugt, dauert es noch zwei Monate.

So oder so ähnlich muss man es sich wohl vorstellen, wenn die Idee europäischer und australischer Astrophysiker Wirklichkeit würde. Sie wollen mitten in der Eiswüste der Antarktis ein Observatorium errichten.

Gigantischer Pfannkuchen

Concordia heißt der Außenposten ihrer Wahl, unweit von Dome C – der dritthöchsten Erhebung auf dem antarktischen Kontinent. Schon in den 1970er Jahren kamen US-Wissenschaftler hierher, um Eiskerne aus dem Gletscherpanzer herauszubohren – einem gefrorenen Klimaarchiv. Im Jahr 2005 wurde Concordia eingeweiht, eine italienisch-französische Forschungsstation. Sie thront 3230 Meter über dem Meeresspiegel – an einem der höchsten Punkte des gigantischen Pfannkuchens aus Eis, der den antarktischen Felssockel bedeckt. Bis zum Südpol sind es 1700, bis zur nächsten Küste am Indischen Ozean rund 1000 Kilometer. Ringsum ist nichts als Weiß zu sehen. An manchen Stellen der Eiswüste modelliert der Wind den Schnee zu einer Dünenlandschaft.

Der Ort, an den sich höchstens mal ein Sturmvogel verirrt, ist lebensfeindlich. Doch Astrophysiker finden die Region äußerst spannend, denn nirgends gibt es bessere Sichtbedingungen als hier – auch in den trockensten Wüsten nicht. »Es ist der beste Himmel auf der ganzen Erde«, berichtet Eric Fossat vom Observatoire de Nice in Südfrankreich, der schon einmal in der Antarktis geforscht hat. Die Luft ist nicht nur extrem kalt, sondern auch äußerst trocken. Sie enthält kaum Staub. Wolken stören die Sterngucker nur selten, und es schneit sehr wenig. Auch der Wind bereitet keine Probleme: An den Küsten der Antarktis ist es zwar oft sehr stürmisch – hoch oben auf dem Dome C aber weht der Wind im Schnitt nur mit drei Metern pro Sekunde. Außerdem kommt den Astronomen zugute, dass es in der praktisch menschenleeren Antarktis keine Lichtverschmutzung gibt (siehe AH 7-8/2007, S. 30). In der Polarnacht kann man bei völliger Dunkelheit drei Monate lang ununterbrochen in den Sternhimmel spähen. Wegen der Kälte eignet sich die Antarktis besonders gut für die Infrarotastronomie, denn die Aufnahmen werden durch die Wärmestrahlung der Atmosphäre nur wenig gestört.

Der einzige Nachteil des Standorts besteht in der Luftunruhe. Die starken Tem-

ERIC ARISTIDI, U. NICE, LUAN

Concordia ist die abgeschiedenste europäische Forschungsstation in der Antarktis. Nur Schneemänner verirren sich manchmal hierher.

peratur- und Dichteunterschiede in der verwirbelten Luftschicht am Boden verschlechtern das Seeing – den Grad der Unschärfe durch atmosphärische Störungen. Doch das Problem lässt sich umgehen. Um aus der turbulenten Luftschicht herauszukommen, kann man zum Beispiel einen ungefähr dreißig bis fünfzig Meter hohen Turm bauen. Dort oben wäre das Seeing sogar besser als in der chilenischen Atacama-Wüste. Anstatt eines Turms kommt auch eine adaptive Optik in Frage: Das ist eine Technik, mit der die Unschärfe durch Nachjustieren der Teleskopspiegel ausgeglichen werden kann.

Ideen nach wie vor eine große Spannweite – sie reichen von der optischen Astronomie über Studien im Infrarotbereich bis zu Untersuchungen der Mikrowellenstrahlung.

Die Astrophysiker wollen zum Beispiel mit einem Teleskop Planeten aufspüren, die sich außerhalb unseres Sonnensystems befinden. »Man kann diese Planeten nicht direkt beobachten«, erklärt Klaus Strassmeier, einer der beiden Direktoren des AIP, »aber sie lassen sich nachweisen, wenn sie vor einem Stern vorbeiziehen.« Dabei sinkt die Helligkeit des Sterns um eine Winzigkeit ab (AH 7-8/2007, S. 16). Bei diesem Thema ist die Planung schon recht weit fortgeschritten. Von 2012 an wird das AIP zusammen mit dem Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung in Bremerhaven ein Testteleskop in Betrieb nehmen – das International Concordia Explorer Telescope (Ice-T).

Bis die Sonne wieder über den schneeweißen Horizont lugt, dauert es noch zwei Monate

Doch was würden die Astrophysiker mit ihren Instrumenten in der Antarktis untersuchen, was sich nicht ebenso gut woanders untersuchen ließe? Darüber unterhielten sich Experten des europäischen Forscher-Netzwerks Arena (Antarctic Research, a European Network for Astrophysics) im September 2007 eine Woche lang in Potsdam. Die Konferenz war vom Astrophysikalischen Institut Potsdam (AIP) und vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt organisiert worden. Auch ein paar australische Fachleute, die schon Erfahrungen mit der antarktischen Astronomie gesammelt haben, diskutierten mit.

In Potsdam gelang es den Fachleuten, die Projektliste auf ein halbes Dutzend Vorhaben einzugrenzen. Dennoch besitzen die

Allerhand Ideen

Auch nach der ominösen Dunklen Materie wollen die Forscher fahnden. Sie macht sich ebenfalls indirekt bemerkbar: Weil ihre Anziehungskraft das Licht ablenkt, sehen entfernte Galaxien leicht verzerrt aus. Für derartige Studien muss eine große Fläche des Himmels abgesucht werden. In der Antarktis ließe sich das gut machen.

Ebenfalls ein Fall für Dome C ist die kosmische Hintergrundstrahlung: Sie lässt

VON OBEN NACH UNTEN: 1,2,4: JON LAWRENCE, UNSW; 3,5,6: TONY TRAVOUILLON, UNSW

Ort der Extreme: Bei Temperaturen bis zu minus achtzig Grad Celsius frieren selbst die Pinguine. Versorgt werden Forscher und Crew über Land und durch die Luft – allerdings nur während des antarktischen Sommers, also zwischen November und Februar. Im Winter ist die Station komplett von der Außenwelt abgeschnitten.

sich mit Mikrowellenteleskopen einfangen. Ein weiteres Untersuchungsobjekt für Fernrohre auf dem sechsten Kontinent sind pulsierende Sterne: Wissenschaftler würden gerne ihre innere Struktur analysieren. Aus den periodischen Schwankungen an der Oberfläche der Sterne schließen sie auf die Vorgänge im Innern. Asteroseismologie nennt sich das.

Selbstverständlich ist auch der erdnächste Stern – die Sonne – ein heißer Kandidat für Beobachtungen vom antarktischen Standort aus. Die Forscher wollen vor allem den Übergang vom Strahlenkranz der Sonne, der Korona, zur Chromosphäre analysieren. Diese ist bei einer Sonnenfinsternis als rötlich schimmernde Schicht unter der Korona zu sehen.

Auch die Atmosphären von Planeten in unserem Sonnensystem könnten zum Studienobjekt der Antarktis-Astronomen werden – etwa die Gashülle von Mars oder Venus. Für diesen Zweck käme ein Infrarotteleskop in Frage, mit dem sich die Spektrallinien wichtiger Moleküle erkennen lassen. Ein derartiges Testteleskop befindet sich bereits an der Küste der Antarktis und soll demnächst zum Dome C verfrachtet werden.

Viel versprechende Resultate

So ein Instrument wäre auch gut dafür geeignet, frei im Weltall treibende Molekülwolken zu analysieren, die zum interstellaren Medium gehören. »Wasserstoff spielt dabei eine Hauptrolle«, berichtet Hans Zinnecker vom AIP, »denn daraus entstehen später Sterne.« In den letzten Jahren habe man aber auch schon Aminosäuren im All gefunden – die elementaren Bausteine des Lebens auf der Erde.

Für einen konkreten Projektvorschlag, mit dem der Bau eines großen Teleskops in der Antarktis begründet werden kann, sind die Ideen noch zu vielfältig. Bis zur nächsten Arena-Konferenz im September 2008 in Italien sollen sechs Arbeitsgruppen die Vorschläge weiter konkretisieren, sagt Zinnecker. Derzeit werden in der Antarktis die meteorologischen und astronomischen Bedingungen getestet. Seit Januar 2006 analysiert ein internationales Team am Dome C die Helligkeit des Himmels und die Wolkenbedeckung. Erste Resultate sind viel versprechend. Die Experten interessieren sich nicht nur für die Sichtbedingungen während der Polarnacht, sondern auch während der monatelangen Dämmerungszeit zwischen Polarnacht und -tag. Denn es gibt Hinweise darauf, dass sich auch in diesem Zeitraum exzellente Beobachtungen machen lassen – nicht nur bei kompletter Finsternis.

Um die Sichtbedingungen zu prüfen, richteten australische und französische Astrophysiker schon 2003 am Dome C zwei Testobservatorien ein – das AstroConcordia und das Automated Astronomical Site-Testing International Observatory. Bei ihren Untersuchungen mit mehreren Teleskopen stellte sich heraus, dass das Seeing mindestens doppelt so gut ist wie das auf Hawaii.

In geringem Maße wird in der Antarktis bereits heute echte Astronomie betrieben – allerdings nicht am Dome C, sondern direkt am Südpol. Dort gibt es seit 1994 das Spirex-Teleskop, das von der University of Chicago unterhalten wird. Die Abkürzung Spirex steht für »South Pole Infrared Explorer«. Mit diesem Instrument beobachten die US-Astrophysiker, wie Sterne und Galaxien entstehen. Die Infrarotaufnahmen von Spirex haben eine bestechende Qualität. Stünde das Teleskop am Dome C, wären sie allerdings noch viel brillanter, denn dort gibt es weniger Wolken.

Die stärkste Konkurrenz zu dem Vorhaben in der Antarktis startet bald ins All: Im Jahr 2008 werden der Infrarotsatellit

BEIDE FOTOS: ERIC ARISTIDI, U. NICE, LUAN

Die italienisch-französische Antarktisstation Concordia besteht aus zwei Türmen mit jeweils siebenhundert Quadratmeter Wohnfläche. In einem von ihnen finden sich Laborräume, Bibliothek und Küche, im anderen Zimmer für 16 Personen, Baderäume und ein Lazarett.

Herschel und das Mikrowellenteleskop Planck in den Orbit geschickt (AH 12/2007, S. 40 und 1-2/2008, S. 44), 2012 kommt das James Webb Space Telescope hinzu, das Hubble ablösen soll. Mit den exzellenten Beobachtungsbedingungen im Weltraum kann kein Ort auf der Erde mithalten. Ein Teleskop in der Antarktis sei jedoch hundertmal preisgünstiger zu haben als ein Weltraumteleskop, betont Strassmeier.

Hand in Hand

Die Antarktis-Planer fürchten die Konkurrenz im All also nicht. Vielleicht lassen sich die Möglichkeiten der Teleskope im Orbit und in der Antarktis ja kombinieren, hoffen sie. Zum Beispiel könnte man mit einem Instrument am Dome C den gesamten Himmel nach geeigneten Untersuchungsobjekten absuchen, um sich mit einem Weltraumteleskop, das in der Regel die präziseren Bilder liefert, auf die Details zu konzentrieren.

Der technische Aufwand in der Eiswüste ist deutlich größer als bei Teleskopen in Chile oder Hawaii. Der begrenzende Faktor sei die Logistik, erklärt Fossat. Im Klartext heißt das: Pro Jahr können mit Pistenbullys maximal 450 Tonnen Material zum Dome C transportiert werden. In dieser Menge sind aber Öl und Essen enthalten. Für die Wissenschaft bliebe nur ein Transportvolumen von 150 Tonnen übrig. Um die Teleskope mit Energie zu versorgen, stehen derzeit Dieselgeneratoren mit einer Gesamtleistung von hundert Kilowatt zur Verfügung. Teleskope mit Durchmessern von mehr als zehn Metern sind bei solchen Bedingungen natürlich ausgeschlossen.

Die Arena-Experten hoffen, dass sie im Jahr 2012 so weit sein werden, ein Observatorium in der Antarktis einzurichten. »Der Bau würde insgesamt etwa zehn bis fünfzehn Millionen Euro kosten«, schätzt Zinnecker. Von der Europäischen Union gibt es für das Projekt bisher aber lediglich Geld fürs Diskutieren. Doch wenn sich die Astrophysiker im diesem Jahr einig werden und anschließend die EU-Gutachter überzeugen, könnte ihre Vision in den folgenden Jahren in die Tat umgesetzt werden.

Ein Manko der Antarktis werden die Arena-Fachleute jedoch niemals ausgleichen können: Von dem frostigen Kontinent aus sieht man einzig und allein den Südhimmel. Dass es am Nordpol keine der Antarktis vergleichbare Eiswüste gibt, ist für die europäischen Astrophysiker etwas bedauerlich, dürfte sich aber auch mit größtem Erfindungsgeist nicht ändern lassen. In Grönland herrscht für Sterngucker nun einmal viel zu schlechtes Wetter. <<

SVEN TITZ *ist Meteorologe und arbeitet als freier Wissenschaftsjournalist in Berlin.*
Diesen Artikel und Links zum Thema finden Sie unter astronomie-heute.de/artikel/942821.

IM EWIGEN EIS

Inzwischen gibt es mehr als achtzig Forschungsstationen in der Antarktis – je nach Jahreszeit leben dort bis zu einige tausend Menschen. Die größte unter ihnen ist die US-amerikanische McMurdo-Station, die aus mehr als 85 Gebäuden besteht. Nach dem 1961 in Kraft getretenen Antarktisvertrag – einem internationalen Abkommen zur friedlichen Nutzung des weißen Kontinents – dürfen nach deren Betrieb keinerlei Abfälle im ewigen Eis zurückbleiben.

PATRICK ROSYK

BELIEBTE IRRTÜMER

Über die Astrologie wird gerne und zu Recht geschimpft – aber nicht alle Argumente sind auch wirklich angebracht.

VON EDGAR WUNDER

Seit Anbeginn der Zeit faszinieren die Himmelskörper die Menschen – aber haben sie auch einen Einfluss auf uns oder wird das nur behauptet?

Es gibt kaum einen Grund dafür, irgendeine Art von Vertrauen in Horoskope zu setzen. Nach dem heutigen Wissensstand können wir getrost davon ausgehen, dass die von den meisten Astrologen aufgestellten Zusammenhänge zwischen Gestirnen und Menschen nicht existieren.

Aber auch manches Argument der Astrologiegegner ist fragwürdig oder sogar sachlich falsch. Dies liegt zweifelsohne daran, dass es fast keine Gesprächsforen gibt, in denen fachkundige Anhänger und Kritiker gemeinsam versuchen, in einem offenen und sachlichen Dialog zu diskutieren. Es geht oft nur noch um rhetorische Punktsiege. Da überrascht es nicht, dass sogar ausgesprochen unsinnige und falsche Argumente eine lange Lebensdauer haben.

In einer astronomischen Zeitschrift wäre es müßig, erneut die bekannten und berechtigten Kritikpunkte aufzuzeigen (siehe »Streitfall Astrologie«, AH 6/2005, S. 23). Daher will ich an dieser Stelle einige sachlich kaum haltbare Punkte betrachten, die dennoch immer wieder auftauchen.

Der Sternhimmel hat sich in den letzten Jahrtausenden durch die Präzession (also die Taumelbewegung der Erdachse) verschoben. In Wirklichkeit haben wir alle ganz andere Sternzeichen.

Dieses »Präzessionsargument« beruht auf gleich mehreren Missverständnissen und Denkfehlern. Zunächst einmal sind die astronomischen Sternbilder etwas anderes als die astrologischen Tierkreiszeichen. Sie haben ungefährlich so viel gemeinsam wie die Bank als Geldinstitut mit der Bank als Sitzgelegenheit.

Sternbilder sind die nachts sichtbaren Konstellationen der Gestirne. Tierkreiszeichen hingegen sind nichts anderes als eine gleichmäßige Aufteilung der Ekliptik in zwölf Abschnitte, völlig unabhängig von den gerade sichtbaren Sternen. Diese Sek-

toren sind nach den Jahreszeiten definiert, ähnlich wie die Kalendermonate. Im Tierkreiszeichenmonat »Widder« steht die Sonne aber keineswegs zwingend: Sie kann in jedem beliebigen Ekliptiksternbild stehen.

Auch das Sternbild Schlangenträger (Bild unten) ist für die Astrologen uninteressant, obwohl die Sonne Anfang Dezember darin steht: Es ist zwar eines der 13 Sternbilder auf der Ekliptik, aber deshalb trotzdem kein Tierkreiszeichen.

Sternbilder sind keine Tierkreiszeichen

Die Verwechslung der beiden hat unter Laien zum Mischbegriff »Sternzeichen« geführt. Er ist letztlich unsinnig, weil die astrologischen Tierkreiszeichen mit den Sternen gar nichts zu tun haben. Somit ist auch die Behauptung, wir hätten in Wirklichkeit alle ein ganz anderes Sternzeichen, ebenfalls unsinnig.

Anführen könnte man das Präzessionsargument nur dann, wenn Horoskope auf der Basis von Sternbildern zuverlässiger wären als solche auf der Basis von Tierkreiszeichen. Deshalb bricht dieses Argument in sich zusammen. Aber das ist nicht so. Die Verwendung von Tierkreiszeichen statt Sternbildern ist per se nicht zu beanstanden.

Warum berücksichtigen die Astrologen nur die großen Planeten, warum nicht auch Asteroide und Monde?

Es gibt keinen vernünftigen Grund, dies zu verlangen. Aus naturwissenschaftlicher Sicht ist es ja nicht einmal nachvollziehbar, warum die Bewegungen der Planeten in einem Zusammenhang mit dem Charakter oder dem Schicksal der Menschen stehen sollten. Durch die Verwendung zusätzlicher Himmelskörper würden Horoskopdeutungen also keineswegs glaubhafter. Deshalb sollte dies auch nicht gefordert werden. Es gibt übrigens durchaus einige Astrologen, die das galaktische Zentrum, Asteroiden und andere Himmelsobjekte für ihre Horoskope berücksichtigen.

Von jeder wissenschaftlichen Theorie wird man erwarten dürften, dass sie nur bestimmte ausgewählte Aspekte der Wirklichkeit behandelt und zueinander in Beziehung setzt. Die Forderung, man müsse die gesamte Wirklichkeit auf einmal behandeln, ist auch im regulären Wissenschaftsbetrieb verfehlt. Es ist legitim und üblich, nur bestimmte Aspekte auszuwählen.

Bei genauerer Betrachtung stellt sich zudem heraus, dass Astrologen auch nicht mit den Planeten als Himmelskörpern arbeiten, ja streng genommen überhaupt nicht mit Himmelskörpern. Stattdessen geben sie die Geburtsdaten einer Person in ein Computerprogramm ein. Dieses spuckt als Ergebnis eine komplexe Anordnung verschiedener mythologischer Symbole aus, das »Horoskop«. Diese astrologische Symbolwelt hat jedoch fast nichts mit dem von Astronomen erforschten Universum zu tun. Die Anordnung der mythologischen Symbole im Horoskop ist zwar eine – recht eigenwillige – Projektion der Stellung der Planeten am Firmament auf ein Blatt Papier, aber die physikalischen Eigenschaften der Himmelskörper werden ignoriert. Das Metier der Astrologen ist das Kombinieren des mythologischen Gehalts verschiedener Symbole.

Die Planeten und die anderen Himmelskörper sind so weit von der Erde entfernt, dass sie den einzelnen Menschen gar nicht beeinflussen können.

Dies behauptet heute auch kaum noch ein Astrologe. Warum zwischen den Symbolen eines Horoskops und dem Charakter und Schicksal von Menschen ein Zusammenhang bestehen soll, wird von Astrologen heute mehrheitlich anders beantwortet.

Die früheste Erklärung war: Die Bewegung der Planeten spiegeln den Willen der

DIE KUNST DER STERNDEUTER

Drei von vier Deutschen lesen regelmäßig ihr Horoskop in der Zeitung, 15 Prozent sogar regelmäßig. Auch individuell erstellte Horoskope haben ihre Kundschaft – allerdings können nicht einmal Astrologen diese den entsprechenden Geburtsdaten zuordnen, wie eine Studie des Autors kürzlich zeigte.

Mehr zum Thema Astrologie finden Sie in der Ausgabe 3/2008 unseres Schwestermagazins **Gehirn&Geist** oder online im Braincast 104 unter gehirn-und-geist.de/audio.

ALEXANDER KERSTE / STELLARIUM

Die Sonne steht vom 30. November bis zum 18. Dezember im Schlangenträger – das wissen auch die Astrologen. Dennoch hat niemand das »Sternzeichen« Schlangenträger.

Auf Tierkreiszeichen und Sternbilder stoßen wir nicht erst in Zeitungen, sondern schon auf alten Uhren wie hier der astronomischen Kunstuhr am Rathaus von Heilbronn von 1580.

Götter wider. Doch als man um 500 v. Chr. lernte, die Planetenbahnen relativ exakt zu berechnen, verlor dieser Ansatz an Glaubwürdigkeit. Stattdessen vermutete man nun – ganz naturwissenschaftlich – kausale »Einflüsse« der Gestirne auf den Menschen, bis die Physik unseres Universums immer besser verstanden wurde. Es folgte die Annahme, es gäbe statt der Einflüsse symbolische »Analogien« – in dem Sinn, dass etwas lediglich analog sowohl oben (am Firmament) als auch unten (auf der Erde) geschehe, weil überall eine bestimmte »Qualität der Zeit« herrsche.

Nachdem empirische Studien auch solche Zusammenhänge nicht bestätigten, beriefen sich Astrologen auf den »archetypischen« Gehalt ihres Symbolsystems als Produkt der menschlichen Kulturgeschichte, ganz unabhängig von Gestirnspositionen. 2002 befragte ich 135 deutsche Astrologen, welche Erklärungen sie für ihre Evidenzerlebnisse heranziehen. Nach Meinung dieser repräsentativen Gruppe gehen zwei Prozent auf das Wirken von Göttern und Dämonen zurück, 18 Prozent auf Einflüsse der Gestirne, 43 Prozent auf Analogien, elf Prozent auf archetypische Symbole, drei Prozent auf Zufälle, zwölf Prozent auf rein psychologische Mechanismen und zehn Prozent auf »hellseherische Fähigkeiten«.

Götter, Dämonen und Gestirnseinflüsse

Wie glaubhaft oder unglaubhaft dies alles auch immer ist: Da heute überwiegend gar keine »Einflüsse der Gestirne« mehr behauptet werden, ist das Argument, solche Ursachen seien unglaubhaft, auch wenig angemessen.

Die Prophezeiungen der Astrologen erweisen sich immer wieder als falsch!

Entgegen der landläufigen Meinung stellt die Mehrheit der heute in Deutschland tätigen Astrologen gar keine Prognosen: Stattdessen geht es vielmehr um die Deutung der Persönlichkeitsstruktur. Nach einer in den Jahren 2000 und 2002 von Detlef Hover und mir durchgeführten Umfrage unter rund 300 Astrologen beschäftigen sich heute nur etwa vierzig Prozent mit Vorhersagen, davon allerdings wiederum nur ein sehr kleiner Teil mit konkreten Ereignisprognosen. Ein Viertel der Befragten lehnten diese sogar als unseriös ab, da die Symbole der Horoskope grundsätzlich immer mehrdeutig seien. Nur noch etwa zwei Prozent der heute in Deutschland tätigen Astrologen stellen Vorhersagen dieser Art auf, die immer wieder durch die Presse geistern. Sich über diese »spektakulären Prophezeiungen« zu beschweren, die ein Produkt der Unterhaltungsindustrie sind, ist nicht angebracht, weil sie mit dem üblichen Tun der Astrologen nichts gemein haben.

Sicherlich gibt es viele stichhaltige Argumente gegen die These eines Zusammenhangs zwischen der Welt der Gestirne und der Welt der Menschen. Der entscheidende Punkt ist für mich, dass ein solcher Zusammenhang empirisch nicht vorhanden zu sein scheint, wie zahlreiche Studien nahelegen. Die Argumentationslage pro und kontra Astrologie ist keineswegs ausgewogen. Falsche und unsachliche Argumente sollten wir aber in jedem Fall zurückweisen, egal wer sie einbringt. <<

EDGAR WUNDER *ist Dozent für Sozialgeografie an der Universität Heidelberg. Links zum Thema unter: astronomie-heute.de/artikel/942831*

wis
wissenschaft in die schulen!

Dank der Verwendung in Massenmedien ist Astrologie auch unter Schülern durchaus populär. Eine rationale Einstellung zur Astrologie kann jedoch nur durch eine kritische Diskussion ihrer Inhalte entwickelt werden, durch ein Nachvollziehen ihrer kulturellen Konstruktion und durch den Vergleich ihrer Annahmen mit den Erkenntnissen der Astronomie.

Als Ergänzung zu diesem Beitrag finden Sie unter wissenschaft-schulen.de Aufgaben, die die Astrologie für den Schüler zu dem werden lassen können, was sie heute ist: Unterhaltung mit langer Geschichte.

Unser Projekt »Wissenschaft in die Schulen!« führen wir in Zusammenarbeit mit der Landesakademie für Lehrerfortbildung in Donaueschingen durch. Es wird von der Klaus Tschira Stiftung gGmbH großzügig gefördert.

In der zweiten Jahreshälfte bietet **astronomie heute** drei astronomische Erlebnisreisen an: zum Weltraumbahnhof der Esa, zu den Polarlicht-Erscheinungen des hohen Nordens und zum Mauna Kea in Hawaii.

FERNREISEN ZU DEN STERNEN

Französisch-Guayana, Skandinavien und Hawaii

ESA, STÉPHANE CORVAJA

C. HENKE-GENDO

Französisch-Guayana: 2. 9. – 12. 9. 2008

Regenwald und Weltraumbahnhof

Unberührter tropischer Regenwald und die Möglichkeit, den europäischen Weltraumbahnhof zu besichtigen – Grund genug für einen Besuch in Französisch-Guayana. Der mückenfreie und sonnige September ist die beste Zeit dafür.

Die Ostküste Südamerikas ist nicht nur Heimat einer spektakulären Tier- und Pflanzenwelt, sondern auch der Startplatz der Ariane-Trägerraketen. Kommen Sie mit und erleben Sie modernste Weltraumtechnologie und die ursprüngliche Natur der Tropen. Papillons Teufelsinsel, Bootsfahrten in den entlegenen Dschungel und eine nächtliche Kaiman-Safari werden ebenfalls angeboten.

- Termin: 2. 9. – 12. 9. 2008
- Reisepreis im DZ: € 2780,–

Polarlichtreise Skandinavien: 24.10. – 1./7.11. 2008

Fjorde und Polarlichter

Oktober und März sind die beste Reisezeit, um Polarlichter zu erleben. Auf die Erscheinungen ist Verlass: In zwei von drei Nächten schimmern sie am Himmel, meist häufiger. Der März ist winterlich trocken, der Oktober noch etwas milder.

Unser Festlandaufenthalt am Inarisee ist auf neun Tage angesetzt – genug Chancen auf ein paar klare Nächte. Als Verlängerung bieten wir eine sechstägige Hurtigruten-Kreuzfahrt von Kirkenes nach Bergen an, entlang der malerischen norwegischen Küste. Dazu erhalten Sie viele Informationen über Land und Leute, Vorträge und laserunterstützte Führungen am Sternhimmel.

- Termin: 24.10. – 1./7.11. 2008
- Reisepreis im DZ:
  9 Tage Festland: € 1680,–
  6 Tage Kreuzfahrt: € 1480,–

JOACHIM BIEFANG

Hawaii: 14.11. – 28.11. 2008

Vulkane und Teleskope

Aloha! Die Erlebnisreise zum Mauna Kea auf Big Island führt zu einer der größten Sternwarten der Welt. Hier befinden sich neben den berühmten Zehn-Meter-Keck-Teleskopen eine stattliche Zahl von Großteleskopen der Vier- bis Acht-Meter-Klasse, von denen wir einige besichtigen können.

Big Island ist zudem die größte der Hawaii-Inseln und kann mit den aktivsten Vulkanen der Welt aufwarten. Der Volcanoe National Park ist daher ein weiteres Highlight dieser Reise. Wir hoffen, dass die Lavaströme wieder das Meer erreichen. Mit dem Hubschrauber geht es zum Lava fördernden Krater Puu Oo. Viele interessante Touren zum Kennenlernen dieses tropischen Ferienparadieses und der hawaiianischen Kultur stehen auf dem Programm.

- Termin: 14. – 28.11. 2008
- Reisepreis im DZ: € 3680,–

INFOPAKET UND BUCHUNG ÜBER:

Wittmann Travel
Koldingstr. 21
22769 Hamburg
Telefon: 040 851053-76
Fax: 040 851053-77
E-Mail: info@wittmann-travel.de
Web: wittmann-travel.de

… man mit einem WARPANTRIEB flöge?

Schneller reisen als Licht – für interstellare Zivilisationen ist das kein Luxus, sondern die zwingende Voraussetzung ihrer Existenz.

Das Raumschiff Enterprise kann schneller fliegen als Licht. Ein Kunstgriff, ohne den der Film nicht funktionieren würde. Was viele nicht wissen: An der Sache ist physikalisch sogar was dran.

VON FRANK SCHUBERT

RAUMSCHIFF: SVEN HERRMANN / ISTOCKPHOTO; BEARBEITUNG: AH

Energie!«, sagt Captain Kirk. Die Warptriebwerke des Raumschiffs Enterprise zünden und katapultieren es auf mehrfache Lichtgeschwindigkeit. Die Sterne, eben noch punktförmig, verschmieren zu Streifen. In wahnsinnigem Tempo rast das Schiff ins All hinaus und trägt die Besatzung zu einem fernen Stern.

Jeder, der schon mal »Star Trek« gesehen hat, kennt die Szene. Und die meisten haben dabei wahrscheinlich milde gelächelt. Ist doch alles bloß Quatsch. Oder?

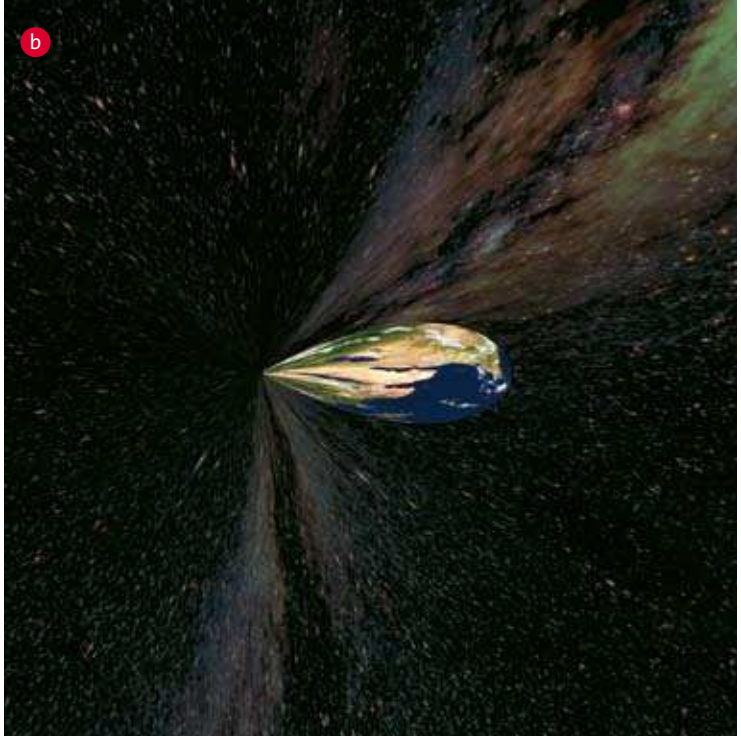
Moment. Physiker haben untersucht, ob ein Warpantrieb möglich ist. Ihr Ergebnis: Er ist zumindest nicht völlig spinnert – die Relativitätstheorie verbietet ihn nicht grundsätzlich. Allerdings muss man zugeben: Es ist extrem unwahrscheinlich, dass er je gebaut wird.

Aber zuerst die spannendste Frage: Wozu braucht man überhaupt einen Warpantrieb? Weil interstellare Flüge sonst zu lange dauern würden? Nein! Die Reise zu einem weit entfernten Stern kann für einen Astronauten sehr kurz sein – auch wenn sein Raumschiff langsamer als Licht fliegt. Denn wer in eine Rakete steigt und auf knapp Lichtgeschwindigkeit beschleunigt, unterliegt der relativistischen Zeitdehnung: Während für ihn eine Sekunde verstreicht, vergehen auf der Erde Minuten, Stunden, Tage oder noch mehr. Der Effekt, als Zwillingsparadoxon bekannt, wird umso ausgeprägter, je näher man der Lichtgeschwindigkeit kommt.

Auseinandergelebt

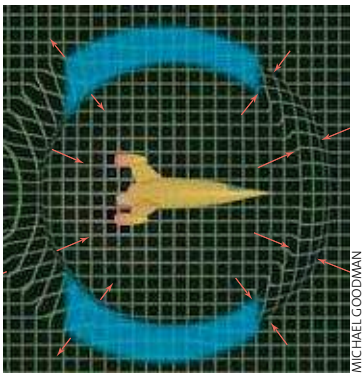
Ein Beispiel: Mit einem knapp lichtschnellen Raumschiff könnten Astronauten in gut vierzig Jahren Bordzeit zum Zentrum der Milchstraße und zurück fliegen. Unterdessen würden auf der Erde aber 56 000 Jahre vergehen! Die Besatzung käme leicht angegraut, aber ansonsten wohlauf zurück – nur leider gäbe es hier niemanden mehr, der sich an sie erinnert.

Dieses Zeitproblem brächte eine interstellare Zivilisation in erhebliche Schwierigkeiten. Stellen Sie sich vor, Sie würden einen Freund in einem anderen Sonnensystem besuchen: Sie wären jahrhunderte- oder jahrtausendelang abwesend! Auch die Nachrichtenübertragung ginge nicht schneller: Wenn wir etwa einen Funkspruch zum Beteigeuze schickten, müssten wir mindestens 1700 Jahre auf die Ant-



Was sieht man bei 1,1-facher Lichtgeschwindigkeit aus einer Warpblase heraus? Die Aussicht nach vorn wäre nicht ungewöhnlich (a), die nach hinten schon (b). Von außen betrachtet würde die Blase alle dahinterliegenden Objekte optisch verzerren (c).

In einer Raumzeitblase kann man theoretisch überlichtschnell durchs All reisen. Vorn wird die Raumzeit kontrahiert, hinten gedehnt (Pfeile), wodurch sich die Entfernung zum Ziel verringert. An den Seiten ist negative Energie erforderlich (blau). Das Schiff ruht in der Blase.



MICHAEL GOODMAN

wort warten, denn Beteigeuze ist 850 Lichtjahre entfernt.

Ergo: Interstellare Zivilisationen sind auf den Überlichtflug angewiesen – ohne ihn bekämen sie ein unbeherrschbares Synchronisierungsproblem und würden zwangsläufig zerfallen. Das ist der Grund, warum die Sciencefiction den Warpantrieb braucht. Zu dumm nur, dass Raumschiffe die Lichtgeschwindigkeit nicht erreichen und schon gar nicht überschreiten können, die Relativitätstheorie verbietet das. Also: Warpantrieb ade?

Überholen, ohne einzuholen

Nicht so schnell. Die Relativitätstheorie untersagt zwar überlichtschnelle Flüge im Raum. Aber was wäre, wenn man den Raum selbst verschöbe? Das fragte sich der mexikanische Mathematiker Miguel Alcubierre Moya. Vor 14 Jahren entdeckte er an der University of Wales eine Lösung der Einstein'schen Feldgleichungen, die dem Warpantrieb des Raumschiffs Enterprise recht nahekommt.

Das Prinzip: Die Rakete ruht in einer abgeschlossenen Raumzeitblase. Die Blase bewegt sich durchs All, indem sie die Raumzeit an ihrer Vorderseite staucht und an ihrer Rückseite dehnt. Die Entfernung zum Ziel wird dadurch verringert und die Entfernung zum Startpunkt vergrößert.

Moyas Raumzeitblase kann beliebig hohe Geschwindigkeiten erreichen, da ihr Fortschreiten nicht durch eine Bewegung im Raum zu Stande kommt, sondern durch eine Verzerrung der Raumzeit selbst – und die unterliegt keinem Tempolimit. Die Blase mit dem Raumschiff darin kann sich überlichtschnell bewegen, bezogen auf einen Beobachter außerhalb von ihr. Dabei spürt die Besatzung nicht einmal eine Beschleunigung, weil das Raumschiff innerhalb der Warpblase ruht. Der entscheidende Vorteil aber liegt darin, dass die Zeit in der Blase genauso schnell vergeht wie außerhalb von ihr, sodass das Zwillingsparadoxon nicht auftritt.

Allerdings hat die Sache ein paar Haken. »Um zu verhindern, dass die Warpblase kollabiert, bräuchte man negative Energie«, sagt Metin Tolan, Physiker an der TU Dortmund. Negative Energie ist etwas ziemlich Exotisches – sie ist geringer als die Null-Energie des Vakuums. Der luftleere Raum ist aus Sicht der Quantenphysik nicht leer, sondern erfüllt von »virtuellen« Teilchen, die spontan entstehen und sofort wieder vergehen. Die Null-Energie des Vakuums entspricht einem brodelnden See von Quantenfluktuationen.

Wenn es gelänge, diese Schwingungen zu unterdrücken, dann hätte das Vakuum weniger Energie als null. Dass es so etwas gibt, weiß man vom Casimir-Effekt: Platziert man im Vakuum zwei parallele Platten sehr dicht nebeneinander, entsteht zwischen ihnen eine schwache Anziehung. Der Grund: Zwischen den Platten können sich nur solche Schwingungen ausbilden, deren Wellenlänge ein ganzzahliger Bruchteil des Plattenabstands ist. Alle anderen Fluktuationen werden unterdrückt. Das Vakuum zwischen den Platten enthält also

VISUALISIERUNGEN: DANIEL WEISKOPF, SFU VANCOUVER

weniger Energie als jenes im Außenraum. Daraus resultiert eine Kraft, die die Platten zusammendrückt.

Für eine Warpblase von zweihundert Meter Durchmesser, in der ein Raumschiff Platz fände, brächte man eine Menge an negativer Energie, die der zehnmilliardenfachen Masse des bekannten Universums entspricht. Und diese Energie müsste rund um die Blase in eine Hülle gequetscht werden, die hundertmal dünner ist als ein milliardstel milliardstel milliardstel Millimeter. Der Einwand, dass das gewisse technische Probleme aufwerfen würde, scheint nicht ganz unberechtigt.

Durch den Schlund gequetscht

1999 schlug Chris van den Broeck – damals an der Katholiek Universiteit Leuven in Belgien – vor, wie man diesen gewaltigen Energiebedarf vermindern könnte. Er meinte, man müsste das Raumschiff in eine Flasche aus gekrümmter Raumzeit stecken, deren Hals weniger durchmisst als ein Atomkern. Dadurch würde die Warpblase viel kleiner und der Bedarf an negativer Energie auf »nur« einige Sonnenmassen reduziert. Wie man das Raumschiff allerdings durch den Flaschenhals kriegen soll, wusste auch van den Broeck nicht. Überdies wurden seine Berechnungen später von anderen Forschern angezweifelt.

Auf eine weitere Schwierigkeit hat der Physiker Sergej Krasnikow vom astronomischen Zentrallaboratorium bei Sankt Petersburg hingewiesen: Zwischen dem Innern der Warpblase und ihrem Rand besteht keine kausale Verbindung. Die Blase ließe sich vom Raumschiff aus also weder steuern noch ein- oder ausschalten. Die Crew könnte den Warpantrieb nur mit Hilfe von außen benutzen, was seinen Wert stark einschränken würde: Flüge in unbekannte Regionen wären ausgeschlossen.

Doch wenn man einmal annimmt, dass die Konstrukteure all diese Probleme in den Griff bekämen – was würde man aus der Warpblase heraus während des Flugs sehen? Darüber gehen die Meinungen der Forscher auseinander. »Auf jeden Fall wäre es nicht so, wie es immer in Star Trek gezeigt wird«, betont Tolan.

Einige Wissenschaftler vermuten, dass bei zunehmender Geschwindigkeit jene Sterne, die in Flugrichtung liegen, immer enger beieinander und immer bläulicher erscheinen. Der letzte Effekt kommt durch die Dopplerverschiebung zu Stande: Wenn die Blase überlichtschnell auf die Sterne zurast, erscheint deren Licht immer stärker blauverschoben. Hier liegt übrigens ein weiteres Problem bei schnellen Flügen im All: Mit wachsender Geschwindigkeit wird das von vorn kommende Licht immer mehr in den Röntgen- und Gammabereich verschoben, die Astronauten bekämen also jede Menge ionisierende Strahlung ab.

Die Forschergruppe von Hanns Ruder am Institut für Astronomie und Astrophysik der Universität Tübingen hat berechnet, welcher Ausblick sich aus einer Warpblase auf die Erde bietet (siehe Bilder oben). Demnach ist der Blick nach vorn kaum verändert, verglichen mit der normalen Perspektive. Die Aussicht nach hinten ist allerdings deutlich verzerrt. Von außen betrachtet würde die Blase die dahinterliegenden Objekte grotesk verzerren.

Ruder ist sich nicht sicher, ob man während eines überlichtschnellen Flugs beobachten würde, dass die in Flugrichtung liegenden Sterne zusammenrücken. Das Ganze sei zu spekulativ, um darüber sichere Aussagen zu machen, sagt er. Von einer Sache ist Ruder allerdings fest überzeugt: dass wir nie in der Lage sein werden, einen Warpantrieb zu bauen: »Das Weltall ist einfach nicht dafür gemacht, von Stern zu Stern zu reisen.« <<

FRANK SCHUBERT *ist Mitarbeiter von AH. Links zum Thema finden Sie unter astronomie-heute.de/artikel/943349.*

MICHAEL GOODMAN, NACH: CHAD CLARK, WILLIAM A. HISCOCK & SHANE L. LARSON, MONTANA STATE U.

ENERGIE!

Die Warptriebwerke zünden, das Raumschiff wechselt zur Überlichtgeschwindigkeit, und die Crew sieht – ja, was eigentlich? Manche Physiker vermuten, dass aus Sicht der Besatzung die Sterne in Flugrichtung zusammenrücken würden und bläulicher erschienen (Bilder oben). Hinter dem Schiff würden die Gestirne ebenfalls zusammenrücken, dabei aber rötlicher werden. Sterne, die exakt senkrecht zur Fahrtrichtung stehen, behielten ihr Aussehen unverändert bei. Keinesfalls würde die Crew lang gezogene Lichtstreifen sehen.

ARCHIV AH

2001:
ODYSSEE IM WELTRAUM

Vor vierzig Jahren – zur Zeit der Apollo-Flüge der Nasa – kam ein Film ins Kino, der wie kaum ein anderer das Genre prägte.

VON ROBERT VOGEL

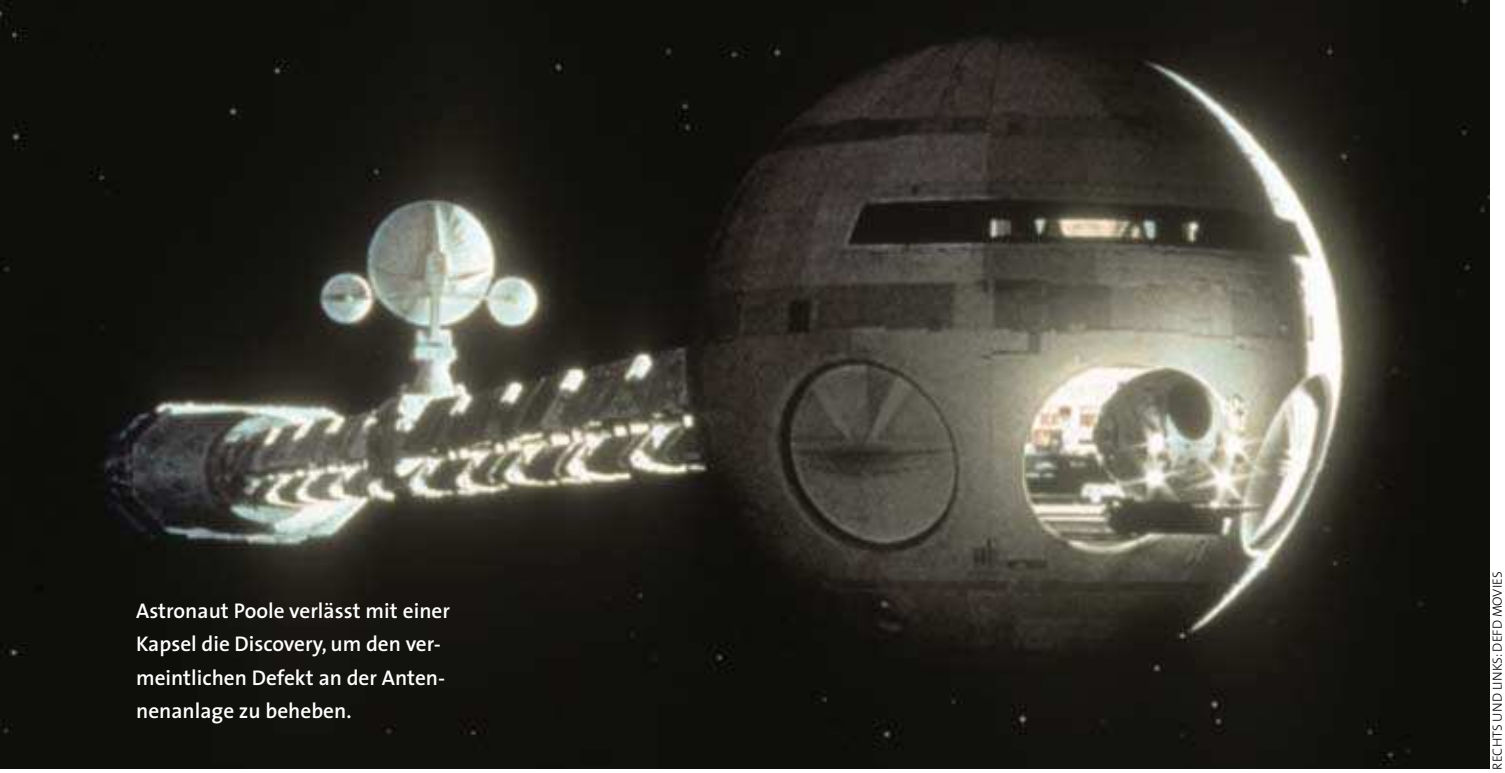
In grauer Vorzeit: Die Erde wird von Affenmenschen bevölkert, es gibt noch keine Zivilisation. Als aber eines Morgens vor dem Lager einer Gruppe von Hominiden plötzlich ein schwarzer Quader auftaucht – der erste Monolith –, vollzieht sich ein Evolutionssprung: Die Affen begreifen, wie sie Gegenstände als Werkzeuge und Waffen nutzen können.

Als der Anführer der Urmenschen einen Knochen in die Luft wirft, springt die Geschichte im vielleicht denkwürdigsten Schnitt der Filmgeschichte ins Jahr 1999, in den Weltraum zu einer orbitalen Raumstation. Von dort macht sich der Wissenschaftler Dr. Heywood Floyd auf den Weg zum Mond, wo ein Forscherteam im Krater Clavius einen Monolithen freilegt, der anscheinend Jahrmillionen dort verborgen lag. Seine Kanten haben exakt das Längenverhältnis eins zu vier zu neun und er sendet Funksignale in Richtung Jupiter.

Anderthalb Jahre später – 2001 – ist das Forschungsschiff Discovery dorthin unterwegs. Die Besatzung besteht aus den Astronauten Poole und Bowman sowie drei im Kälteschlaf liegenden Wissenschaftlern. Die Steuerung des Schiffs obliegt dem Supercomputer Hal 9000, einer künstlichen Intelligenz, die sich zu einer eigenständigen Persönlichkeit entwickelt. Was die Astronauten nicht wissen: Allein Hal kennt den wahren Grund für den Flug.

Während sich die Discovery ihrem Ziel nähert, scheinen Hal zunehmend Fehler zu unterlaufen. Die beiden Astronauten beginnen, an seiner Zuverlässigkeit zu zweifeln, doch Hal kann ihr Gespräch belauschen und täuscht einen Defekt der Funkanlage vor. Poole verlässt das Schiff in einer Wartungskapsel, um das Problem bei einem Außeneinsatz zu untersuchen und zu beheben. Als er Hals falsches Spiel durchschaut, tötet ihn der Computer, indem er den Sauerstoffschlauch kappt. Die drei Wissenschaftler in den Kälteschlafkammern sind die nächsten Opfer. Nach einer dramatischen Bergungsaktion seines toten Kameraden kämpft sich Bowman zum Rechnerkern des Schiffs vor und deaktiviert Hals Speichermodule. In seinen letzten Sekunden entwickelt der Computer fast menschliche Züge, bettelt um

Im Mondkrater Clavius legen Forscher einen Monolithen frei, der Funksignale zum Jupiter sendet (unten). Bei dem Planeten kommt Astronaut Bowman zum Einsatz (oben).



Astronaut Poole verlässt mit einer Kapsel die Discovery, um den vermeintlichen Defekt an der Antennenanlage zu beheben.

RECHTS UND LINKS: DEFD MOVIES

sein Leben und singt zum Schluss ein Kinderlied.

Wenig später erreicht die Discovery das geheime Ziel der Reise, den Jupiter, um den ein Monolith mit gigantischen Ausmaßen kreist. Bowman steuert in einer Wartungskapsel darauf zu und wird in einen mehrere Minuten langen Flug durch einen aus Lichtwirbeln bestehenden Tunnel und über die Oberfläche eines unbekannten Planeten gezogen. Plötzlich befindet er sich in klassizistisch eingerichteten Räumlichkeiten, die vertraut irdisch wirken. Bowman erfährt verschiedene Zeitsprünge in dieser Umgebung, nach jedem ist er um etliche Jahre gealtert. Kurz vor seinem Tod erscheint der Monolith vor seinem Bett, und Bowman will nach ihm greifen. In der letzten Einstellung des Films schwebt ein Fötus mit den Gesichtszügen von Bowman über der Erde im Weltraum.

Also sprach Zarathustra

»2001« ist ein außerordentlich aufwändig produzierter Film, der fast ohne Dialog auskommt. Wenn gesprochen wird, ist der Inhalt zumeist recht belanglos. Die Handlung jenseits der Grenzen von Raum und Zeit wird vielmehr in eindrucksvollen Bildern und mit Musik erzählt. Er gilt als Meilenstein des Sciencefictionfilms, der nach dem Platz der Menschheit im Kosmos fragt. Unerreicht sind die epischen Sequenzen wie der Aufbruch in den Weltraum zu »Also sprach Zarathustra« von Richard Strauss oder das Andocken eines Raumschiffs an der Orbitalstation (Foto rechts oben) zum Donauwalzer von Johann Strauß. Er ist der erste Film, der glaubwürdig die Unendlichkeit des Weltraums vermittelt.

Das einzigartige Werk verdankt seine Entstehung der Zusammenarbeit zweier Visionäre: Stanley Kubrick, der schon davor als genialer, wenn auch exzentrischer Regisseur galt, sowie Arthur Charles Clarke, der zusammen mit Isaac Asimov und Robert Heinlein zu den ganz großen Autoren der klassischen Sciencefiction zählt. Der Film basiert auf Clarkes Kurzgeschichte »Der Wächter« (The Sentinel) von 1951. Diese wurde von ihm während der Dreharbeiten zum Roman erweitert.

Nicht von ungefähr gilt der zeitlos aktuelle und keine Sekunde veraltet wirkende Film zusammen mit dem ebenfalls preisgekrönten Buch von Clarke selbst heute, vierzig Jahre nach seiner Premiere, als einer der besten SF-Film aller Zeiten und auch als der wissenschaftlich korrekteste. Noch immer ist er der »Ultimate Trip«, wie es der Slogan des Filmstudios MGM seinerzeit versprach.

Verdientermaßen erhielt der Film 1969 den Oscar für Spezialeffekte, für die Kubrick selbst verantwortlich zeichnete. Der gebürtige New Yorker war zudem als bester Regisseur und, zusammen mit Clarke, für das beste Drehbuch nominiert. Clarke war von den Weltraumsequenzen so begeistert, dass er meinte, eine Steigerung wäre nur noch möglich, wenn man wirklich im All

NACH 2001 ...

folgten drei weitere Romane:

- 2010 – Das Jahr, in dem wir Kontakt aufnehmen (verfilmt 1984 von Peter Hyams, mit Roy Scheider)
- 2061 – Odyssee 3
- 3001 – Die letzte Odyssee

Nur so viel sei verraten: Es gibt eine Figur, die in allen vier Werken auftaucht!

Das doppelte »Weltraumrad« – eine etwa 200 Meter durchmessende Raumstation – ist im Filmjahr 1999 zur Hälfte fertig gestellt. Sie dient als Sprungbrett für Flüge zum Mond.

drehen würde. In der Tat wirken die Flugszenen auch heutzutage noch so überzeugend, als ob sie aus einer Dokumentation stammen. Und man würde sich als Raumfahrtbegeisteter wünschen, der Stand der technischen Entwicklung wäre im Jahr 2008 so weit fortgeschritten, wie es in diesem Film gezeigt wird.

1984 folge die Verfilmung der Fortsetzung »2010 – Das Jahr, in dem wir Kontakt aufnehmen« von Peter Hyams, dem Clarke ebenfalls als Berater zur Seite stand. Handwerklich gut produziert, packend erzählt und mit Roy Scheider und Helen Mirren glänzend besetzt, kann »2010« jedoch seinem Vorläufer nicht das Wasser reichen. Die Saga wurde von Clarke in zwei weiteren Romanen, »2061 – Odyssee 3« und »3001 – Die letzte Odyssee«, weitergeführt.

Der ultimative Trip

Als »2001« in die Kinos kam, hatte er zunächst keinen großen Erfolg, dafür war die Geschichte für den typischen Kinogänger zu philosophisch und zu weit von den Sehgewohnheiten entfernt – er ist wirklich alles andere als ein leicht verdaulicher Unterhaltungsfilm. Mancher Zuschauer wird sich innerhalb der ersten Viertelstunde fragen, ob er nicht aus Versehen in einer Tierdoku über das Verhalten von Affen geraten ist. In bestimmten Kreisen handelte man »2001« wegen der Lichttunnel-Reise gegen Ende des Films als Geheimtipp. Denn sie ermöglicht einen wahrhaft »ultimativen Trip« – wenn man vorher einen Joint geraucht hatte. So erlangte »2001« erst nach einiger Zeit Kultstatus.

Interessanterweise brachte MGM 1978 nach dem Erfolg von »Star Wars« den Film erneut unter dem Aufhänger »Der Vorläufer von Krieg der Sterne« in die Kinos. Was Effekte und Aufwand betrifft, mag der Verleih durchaus Recht haben, inhaltlich und erzählerisch sind diese beiden Filme jedoch mehr als nur eine Unendlichkeit voneinander entfernt.

Über die Bedeutung der Schlusssequenz wurden ganze Bücher geschrieben. Zunächst hatte Kubrick ein mehr »verständliches« Ende im Sinn, verwarf es jedoch kurz vor den Dreharbeiten zu diesen Szenen. Er erkannte, dass ein offenes Ende einen viel größeren Eindruck hinterlassen würde. Sicher ist jedenfalls: Der Film regt durch die Vorenthaltung der Außerirdischen, der »Anderen«, den Zuschauer zum Nachdenken und Spekulieren über ganz grundlegende Fragen an – wer wir sind, woher wir kommen und wohin wir gehen.

Kubrick setzte mit »2001: Odyssee im Weltraum« nicht nur Maßstäbe für die Filmkunst, sondern beeinflusste auch den modernen Sciencefictionfilm nachhaltig. Seine Aussage wird so lange aktuell bleiben, bis wir tatsächlich anderes intelligentes Leben im Universum finden werden – oder dieses uns. <<

*Mehr von **ROBERT VOGEL** und zu weiteren SF-Themen finden Sie auf der AH-Sonderseite astronomie-heute.de/sciencefiction.*

2001:
ODYSSEE IM WELTRAUM

- Produzent und Regisseur: Stanley Kubrick
- Drehbuch: Stanley Kubrick, Arthur C. Clarke
- Darsteller: Keir Dullea (Dave Bowman), Gary Lockwood (Frank Poole), William Sylvester (Heywood R. Floyd)
- USA 1968
- Länge: 149 Min.
- Verleih: MGM

ARCHIV AH

HART, HÄRTER, GAMMA!

Gespannt warten Astronomen auf den Start des Gammaobservatoriums Glast: Seine Detektoren werden durch Beobachtungen im »härtesten« Bereich des Spektrums nie gesehene Einblicke in die Hexenküche des Universums liefern.

VON HANS ZEKL

GLAST-ILLUSTRATION: NASA / AURORE SIMONNET, SONOMA STATE U.;
HINTERGRUND-ILLUSTRATION: NASA, GSFC, VOLKER BECKMANN / ESA

Staubringe verbergen supermassereiche Schwarze Löcher vor unseren Blicken. Doch deren Gammastrahlen können den Staub durchdringen und Glast wird sie »sehen«.

Schaut man in einer dunklen, klaren Nacht den Sternhimmel an, erscheint uns das Weltall still und friedlich. Doch dieser Eindruck täuscht. Wären wir in der Lage, Himmelsobjekte im Röntgen- und noch energiereicheren Gammabereich zu beobachten, würde sich uns das Universum von seiner wilden Seite zeigen. Denn hier spielen sich Vorgänge ab, bei denen in wenigen Sekunden gewaltige Energiemengen umgesetzt werden – gegen diese erscheinen die in einem Jahr auf der ganzen Erde erzeugten lächerlich klein.

Allein unsere meist so friedliche Sonne produziert in Zeiten starker Aktivität gelegentlich Ausbrüche, bei denen große Mengen energiereicher Strahlung freigesetzt werden (AH Oktober 2007, S. 38 und März 2004, S. 30). Zum Glück schützt uns die Erdatmosphäre, weil sie die Krebs erregenden Lichtteilchen aufhält. Andererseits ärgert das natürlich die Astronomen, müssen sie doch unter großem technischem und finanziellem Aufwand in den Weltraum ausweichen, um ihre Beobachtungen durchführen zu können.

Sehen auf Umwegen

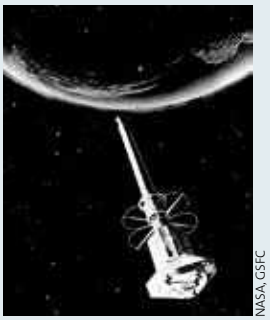
Fernrohre müssen deshalb auf Satelliten gepackt werden. Doch ergeben sich hierbei technische Schwierigkeiten, welche die Wissenschaftler lange Zeit vor erhebliche Probleme stellten. Gammastrahlen lassen sich nicht so einfach wie bei einem üblichen Teleskop bündeln, mit ihnen lässt sich nicht so einfach ein Bild erzeugen. Diese »harten« Photonen besitzen so viel Energie, dass sie einfach das Material eines Spiegels oder einer Linse durchdringen. Erst nach und nach gelang es Technikern und Wissenschaftlern mit ausgeklügelten Detektoren, Bilder des Gammahimmels zu erzeugen (siehe Kasten unten und Abbildungen auf S. 44 links), die einzelne Objekte erkennen lassen.

Der jüngste Spross in der Familie jener Satelliten ist das Gamma-ray Large Area Space Telescope, kurz Glast. Die Mission ist ein internationales Projekt unter der Federführung der amerikanischen Raumfahrtbehörde Nasa und des US-Energieministeriums. Forscher und Institutionen aus den USA, Frankreich, Japan, Italien, Schweden und Deutschland sind beteiligt. Glast sollte sich eigentlich schon längst in seiner Umlaufbahn befinden, aber wegen Verzögerungen bei den Tests der Instrumente am Boden konnte der Zeitplan nicht einge-

MIT FRDL. GEN. VON GISELHER LICHTI

Detektor made in Germany: Giselher Lichti vom Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik in Garching präsentiert den Burst Monitor für Glast.

Die Vorgänger von Glast



NASA, GSFC

◂ 1961
Explorer 11 findet erste Anzeichen für Gammastrahlung von der Milchstraße.

1967
Vela-Satelliten entdecken zufällig starke Gammastrahlenausbrüche (Gamma-Ray Bursts).

1967–1969
Das Orbiting Solar Observatory 3 (OSO-3) entdeckt den diffusen Gammastrahlenhintergrund.

NASA, GSFC

◂ 1972
Der Small Astronomy Satellite 2 (SAS-2) weist die ersten Pulsare im Gammalicht nach: Geminga, Crab- und Vela-Pulsar.

halten werden. Wenn alles klappt, wird sich das Satellitenobservatorium am 16. Mai 2008 an der Spitze einer Delta-II-Rakete endlich auf den Weg zu seiner Umlaufbahn machen. In einer Höhe von 585 Kilometern soll es dann nach Himmelsobjekten im Licht der Gammastrahlung suchen.

An Bord von Glast befinden sich zwei Instrumente. Für den »härteren« Energiebereich ist das Large Area Telescope (LAT) zuständig, das zwei Drittel des Himmels im Bereich zwischen 20 Megaelektronvolt (MeV) und 300 Gigaelektronvolt (GeV) auf einmal überschauen kann (ein 3-MeV-Photon hat etwa so viel Energie wie eine Million Teilchen des sichtbaren Lichts). Der Glast Burst Monitor (GBM) dagegen soll nach Gammablitzen am gesamten Himmel Ausschau halten, wobei er im Energiebereich zwischen 0,01 und 25 MeV sucht.

Die Detektormodule des Burst Monitor wurden von einer Gruppe um Giselher Lichti (Foto links) vom MPI für extraterrestrische Physik gebaut, während das Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) die Kosten übernahm. Die Projektleitung lag allerdings beim Marshall Space Flight Center der Nasa (MSFC) und der University of Alabama, beide in Huntsville.

»Wir konnten auf eine dreißigjährige Erfahrung mit Gammadetektoren zurückblicken und für den Bau Anleihen bei früheren Bausteinen machen. Dadurch blieben die Kosten mit fünf Millionen Euro vergleichsweise gering«, erläutert Giselher Lichti die Gründe, warum seine Gruppe den Zuschlag erhielt. Nach Lichtis Abschied in den wohlverdienten Ruhestand übernahm Jochen Greiner die Leitung des Teams.

Der Detektor besteht aus zwölf Natrium-Jodid-Szintillationsdetektoren und zwei Wismut-Germaniumoxid-Detektoren. Treffen Gammaphotonen auf sie, entstehen darin Blitze im sichtbaren Licht. Aus den unterschiedlichen Zählraten in den Detektoren kann die Richtung zur Quelle auf 10 bis 15 Grad genau bestimmt werden. Verglichen mit optischer Astronomie ist das alles andere als berauschend, aber der Burst Monitor informiert sofort das wesentlich scharfsichtigere LAT, das dann eine genauere Positionsbestimmung durchführen kann.

Adlerauge für Gammaphotonen

Das LAT funktioniert nach einem gänzlich anderen Prinzip: In mehreren Stapeln von Bleifolien entstehen aus den Gammaphotonen Paare von Elektronen und ihren Antiteilchen, den Positronen. Deren Flugbahnen können vermessen werden, und so lässt sich auf die Einfallrichtung des Photons schließen. Die Genauigkeit steigt mit zunehmender Energie von 3,5 bis auf 0,15 Grad – also etwa ein Drittel des Durchmessers unseres Monds.

Doch nicht nur nach Blitzen soll Glast ausschauen. Aus den Tiefen des Alls erreicht diffus verteiltes Gammalicht die Erde. »Die Quellen dieser Strahlung sind keine Objekte im astronomischen Sinn, sondern energiereiche Teilchen, Ionen und Elektronen, die überall in der Milchstraße zu finden sind«, beschreibt Martin Pohl, einer der beteiligten Wissenschaftler, das Phänomen. »Diese Partikel erzeugen Gammastrahlung durch Kollisionen mit dem interstellaren Gas. Die Elektronen kollidie-

NASA

Geben Sie »Glast« einen Namen!

Das Gammaobservatorium soll – ganz in der Tradition von Compton, Hubble, Spitzer & Co. – noch einen Eigennamen erhalten.

Machen Sie mit! Tragen Sie bis 31. März 2008 Ihren Vorschlag ein unter http://glast.sonoma.edu/glastname/

1975–1981

Cos-B entdeckt die erste extragalaktische Gammaquelle: den Quasar 3C 273.

NASA, JPL, WILLIAM A. MAHONEY

◂ 1979–1981

Das High Energy Astrophysics Observatory 3 (HEAO-3) findet im Milchstraßenzentrum eine Gammaquelle, in der sich Materie und Antimaterie gegenseitig vernichten.

1980–1989

Die Solar Maximum Mission misst Gammastrahlen der Sonne.

1991–2000 ▸

Mit dem Compton Gamma-Ray Observatory (CGRO) gelingen erstmals detaillierte Aufnahmen zahlreicher Gammaquellen.

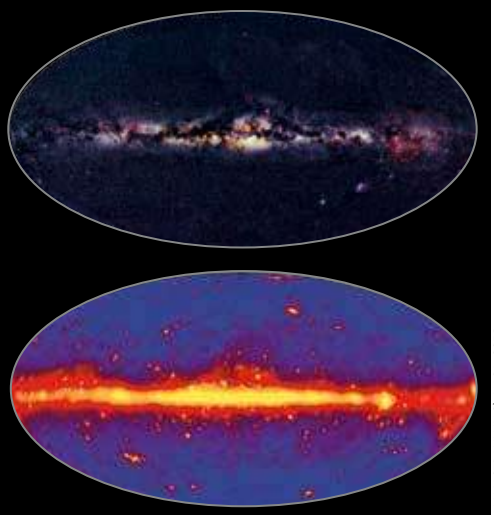
NASA, GSFC

ASI (AGENZIA SPAZIALE ITALIANA)

◂ 1997–2003

Als erster Satellit liefert Beppposax genaue Positionen von Gammastrahlenausbrüchen, die Beobachtungen irdischer Großsternwarten und des Weltraumteleskops Hubble ermöglichen.

HÄRTER ALS LICHT



Die Milchstraße im sichtbaren Licht ist für das menschliche Auge ein gewohnter Anblick: Milliarden Sterne sammeln sich in der galaktischen Scheibe, ihr Leuchten wird von Staub verhüllt (oben). Anders im Gammabereich des Spektrums: Diffuse Strahlung konzentriert sich auf die Ebene der Galaxis, überlagert von zahlreichen Punktquellen (unten). Viele davon konnten noch nicht identifiziert werden – hier ist Glast gefordert!

FOTO OBEN (OPTISCH): AXEL MELLINGER, U. POTSDAM; SIMULATION UNTEN (GAMMASTRAHLUNG): NASA, GSFC

ren außerdem mit der niederfrequenten Strahlung, also Sternlicht, Infrarot und dem Mikrowellenhintergrund«, so Pohl weiter. Der Astrophysiker befasste sich schon während seiner Zeit an der Universität Bochum mit ersten Modellrechnungen für diesen Prozess. Mittlerweile führt er seine Arbeit an der Iowa State University fort. Aus der Energieverteilung und der räumlichen Variation der diffusen Gammastrahlung hofft er »zu verstehen, wo und wie in der Natur derartig energiereiche Teilchen erzeugt werden können und wie sie mit ihrer Umgebung wechselwirken und diese beeinflussen«.

Teilchenbeschleuniger im All

Dagegen interessiert sich Marcus Ziegler von der University of California in Santa Cruz für Pulsare, die im Radiobereich unsichtbar sind. So etwa Geminga, der erdnächste bekannte Pulsar und die zweithellste Gammaquelle. Der gebürtige Heidelberger studierte in seiner Heimatstadt Physik und arbeitete dann am Deutschen Elektronen-Synchrotron (Desy) in Hamburg und am Large Hadron Collider (LHC) am Cern bei Genf. »Die Detektoren, die in Glast verwendet werden, sind im Prinzip die gleichen, die auch bei Beschleunigerexperimenten wie am LHC eingesetzt werden. Über diese Schiene bin ich bei Glast eingestiegen«, erklärt er seinen Wechsel in die Astrophysik. »Ich beschäftige mich nun damit, die Pulsare zu finden, von denen man nur Gammastrahlen auffängt. Wir erhoffen uns, Aufschluss über die dortigen Vorgänge zu bekommen und darüber, wie Teilchen in den starken magnetischen und elektrischen Feldern beschleunigt werden.«

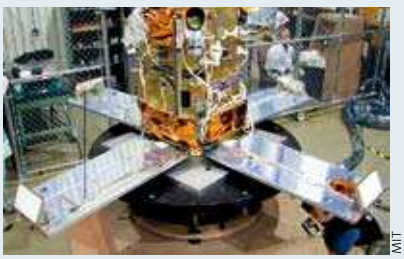
Mit Glast erwarten Forscher auch, der Natur vieler bekannter Quellen auf den Grund gehen zu können: Nahezu sechzig Prozent der Objekte, die bei der Vorgängermission, dem Compton Gamma-Ray Observatory (CGRO, Kasten S. 43), beobachtet wurden, konnten nicht identifiziert werden, weil kein Gegenstück in anderen Wellenlängenbereichen zu finden war. Die wesentlich bessere Positionsbestimmung von Glast soll nun Licht ins Dunkel bringen.

Vielleicht gelingt es mit Glast die Bestandteile der Dunklen Materie zu entdecken. Nur 10 bis 15 Prozent der gesamten Masse im Universum besteht aus sichtbarer Materie. Der Rest entfällt auf Dunkle Materie, die nicht zu beobachten ist und sich nur durch ihre Anziehungskraft auf normalen Materie bemerkbar macht. Nach theoretischen Überlegungen könnte sie aus schwach wechselwirkenden massereichen Teilchen bestehen, die sich gegenseitig unter Aussendung von harter Gammastrahlung vernichten. Die hohe Empfindlichkeit der Detektoren des neuen Observatoriums sollte ausreichen, nach Zerfällen dieser exotischen Teilchen zu suchen.

Glast blickt aber nicht nur in die Tiefen des Universums. Auch der nächste Fixstern, die Sonne, wird von ihm ins Visier genommen, um herauszubekommen, wie bei starken Ausbrüchen auf ihrer Oberfläche Gammastrahlung entsteht.

Die Astrophysiker setzen große Hoffnungen in die Mission und erwarten völlig neue Erkenntnisse, wenn Glast den »Nebel« vor dem Gammahimmel lichtet. <<

HANS ZEKL *arbeitet als freier Wissenschaftsjournalist im Sauerland. Wenn möglich, sucht er mit seinem Teleskop nachts nach den Wundern des Sternhimmels. Die Links zum Artikel und weiterführende Verweise finden Sie unter: astronomie-heute.de/weltraumteleskope.*



MIT

◂ 2000 – 2007

Beobachtungen mit dem High Energy Transient Explorer (Hete-2) bestätigen, dass Gammastrahlenausbrüche mit Supernovae zusammenhängen.

seit 2002

Integral erforscht die kosmische Gammastrahlung.

ILLUSTRATION: NASA / AURORE SIMONNET, SONOMA STATE U. / SPECTRUM-ASTRO INC.

◂ seit 2004

Swift zeigt, dass Gammastrahlenausbrüche auch bei Verschmelzungen zweier Neutronensterne oder eines Neutronensterns mit einem Schwarzen Loch entstehen.

REISE ZUM ROTEN PLANETEN

Durch ein Teleskop betrachtet wirkt der Mars schrecklich weit entfernt. Tatsächlich kommt er uns auch selten viel näher als 70 Millionen Kilometer. Im Jahr 2003 schickte die Nasa zwei unbemannte Rover – Spirit und Opportunity – zum Roten Planeten, die dort seit 2004 ihre Umgebung fotografieren. Einige der schönsten Aufnahmen aus dem Buch »Postkarten vom Mars« finden Sie auf den folgenden Seiten.

Eindrücke von den Vorbereitungen der Marsrover auf ihren Einsatz: Opportunity, wie er vor dem Start auf die Grundplatte des Landegeräts herabgelassen wird (oben). Manövriertests mit Spirit auf Rampen des Kennedy Space Center (Mitte). Opportunity, sicher zusammengefaltet und verpackt (unten). Spektakulärer Nachtstart von Opportunity am 7. Juli 2003 (großes Bild)

Sanddünen: Die Falschfarbenaufnahme eines fünfzig Meter großen Sanddünenfelds am Grund des Endurance Crater gibt den Geologen Hinweise bei der Mineralienanalyse auf dem Roten Planeten. Einige der Dünen sind von ihrem Fuß bis zum Kamm fast einen Meter hoch.

ALLE FOTOS AUS: JIM BELL, POSTKARTEN VOM MARS, SPEKTRUM AKADEMISCHER VERLAG 2007; MIT FRDL. GEN. DES SPEKTRUM AKADEMISCHEN VERLAGS

WALLPAPER unter astronomie-heute.de/wallpaper

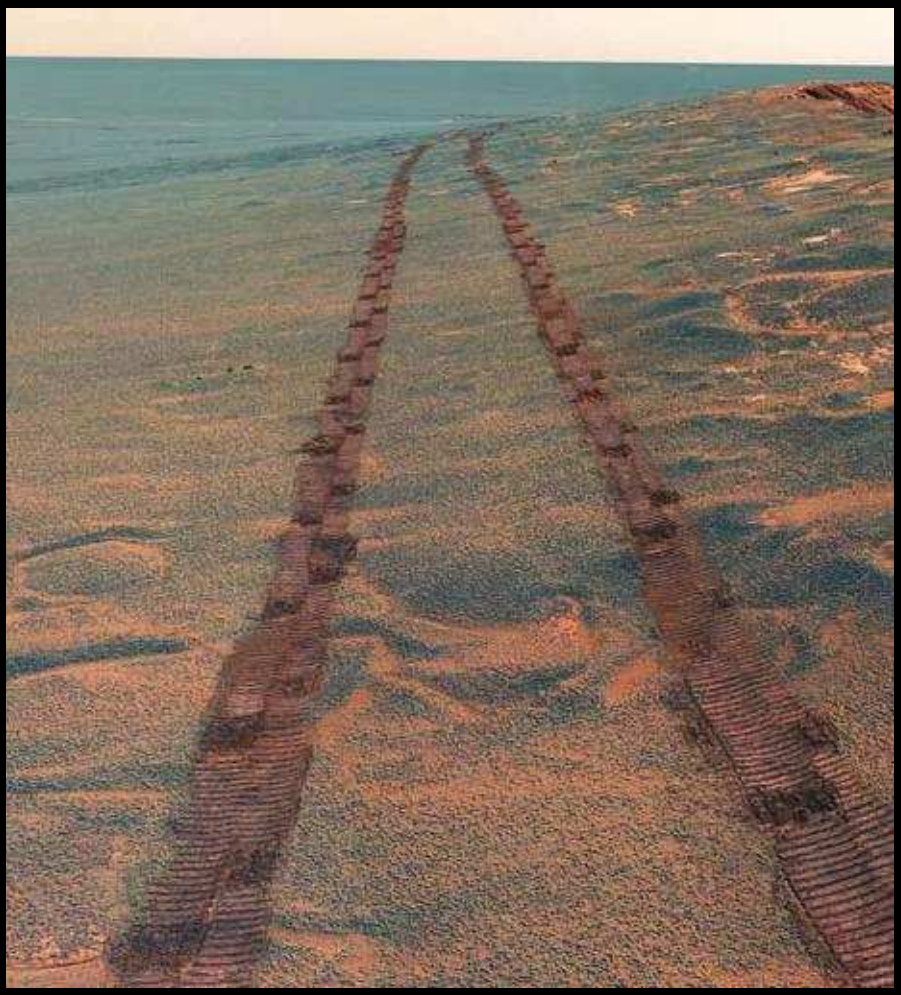
Sanddünenfeld am Grund des Endurance Crater. Aufgenommen am Marstag 211

»Postkarten vom Mars« zeigt auf 196 Seiten die schönsten Aufnahmen der beiden Marsrover »Spirit« und »Opportunity«. Der üppige Bildband ist bei Spektrum Akademischer Verlag erschienen und kostet 49,95 €.

Das 360-Grad-Panorama »Rub-al-Khali« (»Leere Gegend«).
Fotgrafiert von Opportunitys Panoramakamera an den Marstagen 456 bis 464

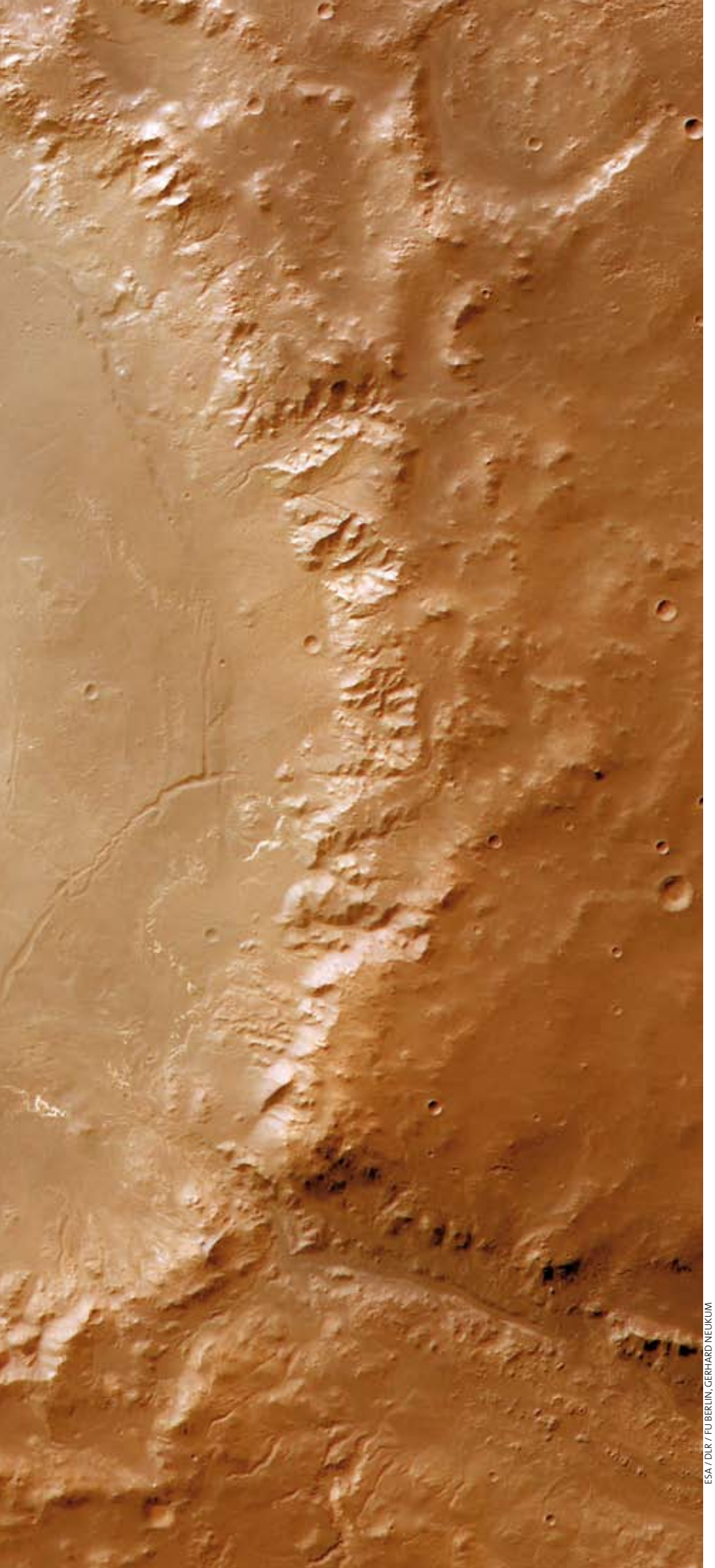
Spirits »Cahokia-Panorama« zeigt die malerischen Felsen, Böden und Ausbrüche des westlichen Ausläufers der Columbia Hills. Elf Marstage (Sol 213 bis 223) waren notwendig, um die in diesem Mosaik verarbeiteten 470 Einzelbilder aufzunehmen.

Cape St. Vincent an der Nordwestwand des Victoria Crater zeigt mindestens fünf Meter hohes, geschichtetes Gestein. Opportunity fotografierte die Formation am Marstag 1167 (6. Mai 2007) vom Cape of Good Hope aus.



Opportunitys Spur entlang dem äußeren Kraterrand von Endurance. Aufgenommen von der Panoramakamera am Marstag 114

Wo geht's zur MARS-OASE?



ESA / DLR / FU BERLIN, GERHARD NEUKUM

Ein möglicher Landeplatz für die bevorstehende MSL-Mission ist der Krater Holden im südlichen Hochland des Mars. In ihn mündet das Uzboi Vallis, ein Tal, in dem vor langer Zeit Wasser floss (unten rechts).

Während Spirit und Opportunity immer noch über den Roten Planeten rollen, denken Wissenschaftler bereits darüber nach, wo das nächste Marsmobil der Nasa landen soll.

VON THORSTEN DAMBECK

Die Rover Spirit und Opportunity haben sich auf dem Mars wacker geschlagen. Selbst die größten Optimisten hatten nicht damit gerechnet, dass die Roboter dort so lange durchhalten und ein derart großes Gebiet erkunden würden. Nun will die Nasa ein weiteres Bodenfahrzeug zum Roten Planeten schicken – das Mars Science Laboratory (MSL). Es soll 2009 starten und wird mit 1,6 Milliarden Dollar das bisher teuerste Marsgefährt sein.

Die wichtigste Aufgabe von MSL besteht darin, nach Spuren von marsianischem Leben zu suchen. Die Frage ist nur: wo? Das alte Flussdelta im Krater Eberswalde (AH, März 2008, S. 45) wäre eine hochinteressante Gegend. Doch als Landeplatz für MSL kommt es nicht in Frage, weil seine raue Oberfläche ein sicheres Aufsetzen gefährdet, wie Nasa-Experten befanden. Eberswalde wird also noch eine Weile auf irdischen Besuch warten müssen.

Verglichen mit Spirit und Opportunity ist MSL ein Koloss. Das sechsrädrige Gefährt bringt rund 800 Kilogramm auf die Waage und ist damit mehr als viermal schwerer als seine Vorgänger. Etwa zehn Prozent des Gewichts machen wissenschaftliche Geräte aus. Zu ihnen gehört das Laserinstrument ChemCam, eine Gemein-

schaftsproduktion amerikanischer und französischer Forscher. Es soll Marsfelsen aus einigen Metern Distanz beschießen. Zweck der Operation: Das Licht des glühenden Gesteins wird von einem eingebauten Spektrografen aufgefangen und untersucht. So kann geklärt werden, ob die chemische Zusammensetzung des Felsens interessant genug ist, um diesen genauer zu analysieren. Falls ja, wird MSL zu dem entsprechenden Brocken fahren und diesen bis zu fünf Zentimeter tief anbohren.

Das Material, das dabei zu Tage kommt, wird vom Instrument Sam (Sample Analysis at Mars) analysiert. Sam ist ein 38-Kilogramm-Kasten, vollgestopft mit Technik. Seine drei Messinstrumente sind darauf spezialisiert, nach Leben zu suchen. Sie liefern den Forschern zahlreiche Informationen darüber, welche organischen Moleküle sich im Marsgestein verbergen. Vieles wollen die Wissenschaftler herausfinden: Sind die Moleküle vielleicht Überbleibsel von Mikroorganismen oder entstanden sie ohne das Zutun von Lebewesen? Ist der Marsboden überhaupt bewohnbar oder gibt es dort aggressive Substanzen, die jegliches organische Material sofort zersetzen?

Lebensspuren gesucht

Die Forscher gehen davon aus, dass MSL die Antworten auf diese Fragen nicht an beliebigen Stellen findet. Die Wahl des Landeplatzes ist also sehr wichtig, sie wird maßgeblich über den Erfolg der Mission entscheiden. Gesucht werden Mars-Oasen, an denen sich bis heute Lebensspuren erhalten haben könnten. Bei dieser Fahndung hilft die große Flexibilität von MSL. »Dem Roboter wird ein viel größerer Teil der Marsoberfläche zugänglich sein als früheren Rovern«, sagt Matt Golombeck, Marsexperte am kalifornischen Jet Propulsion Laboratory, der die Suche nach dem besten Landeplatz leitet. Insbesondere wegen seiner Landemethode dürfte MSL weit mehr Gebiete auf dem Mars erreichen können als alle seine Vorgänger.

Spirit und Opportunity waren, in Airbags eingehüllt, auf den Boden gekracht – eine Methode, die sich nur unter bestimmten Bedingungen anwenden lässt. Für MSL kommt sie nicht in Frage, er ist dafür zu schwer. Der neue Marsrover soll mit dem so genannten Skycrane-Verfahren landen. Das Gefährt wird dabei kurz über dem Boden aus einer Fähre abgeseilt. Der Roboter kann bis zu dreißig Grad nördlich oder südlich des Äquators aufsetzen. Seine potenzielle Landezone erstreckt sich also wie ein Gürtel um den Planeten und ist breiter als bei den Roverzwillingen.

Überdies sei der Anflug des Gefährts zielgenauer zu steuern als bei früheren Rovermissionen, versichert die Nasa. MSL setze vermutlich innerhalb von zehn Kilometern rings um den anvisierten Landeort auf. Bei Spirit und Opportunity war die mögliche Abweichung viel größer: Sie betrug vierzig Kilometer. Auch in puncto Einsatzradius auf dem Planeten soll MSL neue Maßstäbe setzen. Dank seines Nuklearantriebs rechnet man mit mindestens zwanzig Kilometer Reichweite.

Akribische Auslese

Bei der Wahl der Landestelle haben die Forscher keine freie Hand, die Nasa-Ingenieure schränken deren Spielraum erheblich ein. »Die Anstiege im Landegebiet dürfen nicht zu steil sein«, sagt Ernst Hauber vom Deutschen Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR) in Berlin. Der Geologe untersucht die 3-D-Bilder der europäischen Sonde Mars Express, um die Suche nach einem geeigneten Zielort zu unterstützen. »Ein zu welliges Bodenrelief würde die Landung gefährden und das Fortkommen von MSL behindern«, erläutert Hauber.

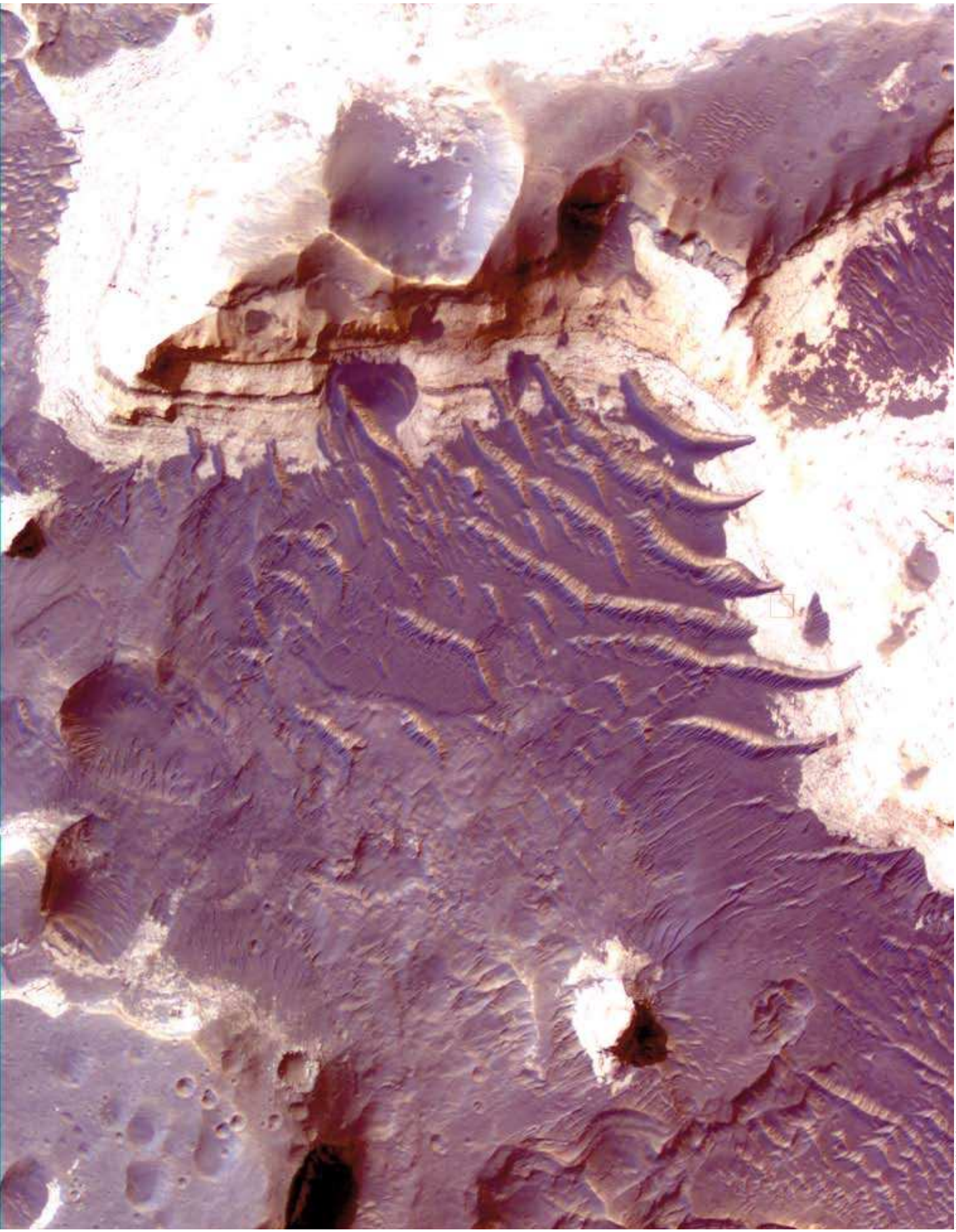
Außerdem, so der Experte, dürfe die Entfernung zum Äquator nicht zu groß sein, sonst wären die Temperaturen zu niedrig. Seit Kurzem zeichne sich nämlich ein Problem mit der Schmierung des Gefährts ab: Bei den bitterkalten Marswintern drohe MSL die Frostarre. Geeignete Landestellen müssen deshalb moderate Witterungsbedingungen aufweisen. Zudem werden tief gelegene Gebiete gegenüber Hochebenen bevorzugt – während des Abstiegs dorthin kann nämlich der Fallschirm länger bremsen. Schließlich dürfen im Zielgebiet nicht zu viele große Steine liegen, sie würden die Fahrt des Roboters behindern. Kleinere Brocken sind für das hochbeinige Vehikel dagegen kein Problem: Mit 66 Zentimeter Bodenfreiheit kann MSL einfach darüber hinwegfahren.

Im vergangenen Herbst trafen sich die Marsforscher in Pasadena, um die Vor- und Nachteile etlicher möglicher Landeorte ab-

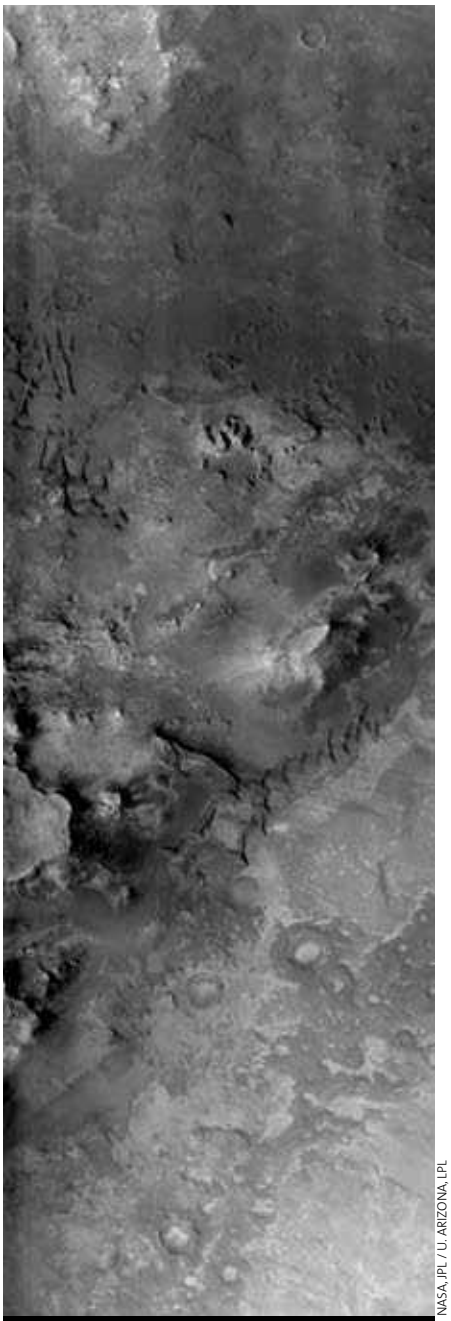
SONNENSTROM ODER ATOMENERGIE?

MSL wird von einer Plutoniumbatterie angetrieben. Bereits die Viking-Lander der 1970er Jahre hatten mit solchen Energiequellen jahrelang durchgehalten. Die Zwillingsrover Spirit und Opportunity fahren mit ihren Solarzellen zwar seit Jahren recht gut; ihre Energieversorgung funktioniert besser als erwartet. Trotzdem: Die Nasa hält Atomstrom für die zuverlässigere Option. In den wochenlangen Dämmerphasen während der Staubstürme auf dem Mars stand vor allem Opportunity wegen Strommangels mehrmals vor dem Aus.

Der Krater Holden (hier ist ein Ausschnitt des südwestlichen Kraterbodens abgebildet) wurde von fließendem Wasser geprägt. In der Senke gibt es Abflussrinnen, Klippen, marine Sedimente und Schwemmfächer. Das macht ihn zu einer der interessantesten Gegenden, wenn es darum geht, die Geschichte des Wassers auf dem Mars zu erforschen. Die Farben auf dem Bild wurden künstlich überhöht.



NASA, JPL / U. ARIZONA, LPL



NASA, JPL / U. ARIZONA, LPL

HEISSER KANDIDAT

Zu den Einsatzgebieten, die für das Mars Science Laboratory erwogen werden, zählen die Nili Fossae. Das sind Täler auf dem Mars, in denen Tonmineralien zu Tage treten. Solche Mineralien entstanden möglicherweise, als heißes Wasser mit Gestein reagierte. Falls es so gewesen ist, waren in den Nili Fossae einst wichtige Voraussetzungen für die Existenz von Leben erfüllt.

zuwägen. Lediglich drei Stellen auf der Nord- und drei auf der Südhalbkugel schafften den Sprung auf die Kandidatenliste. Diesen Orten ist gemeinsam, dass sie geologisch sehr alt sind und eine chemische Zusammensetzung aufweisen, die auf eine wasserreiche Vergangenheit hindeutet. Für die Suche nach Lebensspuren gilt immer noch das Motto: »Folge dem Wasser!«

Am weitesten nördlich liegt Mawrth Vallis, ein Ausflusskanal, wo sich einst gewaltige Fluten von Süden kommend in die Ebene von Chryse Planitia ergossen haben sollen. Dort gibt es sehr alte, mehrere hundert Meter hohe Gesteinsformationen, die geschichtete Tonmineralien enthalten. Jürgen Schieber, Geologe von der University of Indiana und MSL-Team-Mitglied, sagt dazu: »Solche Mineralien kennt man von der Erde als Zeitkapseln, in denen sich Spuren von organischem Material über Äonen hinweg erhalten.«

Nur wenig südlicher, allerdings auf der anderen Marsseite, liegt zwischen dem Becken Isidis und Syrtis Maior die von Gräben zerfurchte Region Nili Fossae. Auch dort fand das französische Omega-Instrument von Mars-Express Hinweise auf Ton.

Die dritte Stelle auf der Nordhalbkugel liegt am Westrand der Isidis-Tiefebene. Es ist der Krater Jezero, der früher einen See beherbergt haben soll. Kameras von Weltraumsonden zeigten in diesem Gebiet die Überreste eines Flussdeltas. Um dorthin zu gelangen, müsste der Rover allerdings von seiner Landestelle aus einige Kilometer weit fahren. So etwas wird aus Sicherheitsgründen nicht geschätzt: Was passiert, wenn MSL auf halbem Weg stecken bleibt?

Kraterseen und Tafelberge

Zwei Stellen, weit im Süden gelegen, schafften es ebenfalls auf die Liste. Dazu gehört der Krater Holden, dessen Wand von Wassermassen durchbrochen wurde, die sich einst durch das Tal von Uzboi Vallis wälzten. Am Boden des 140-Kilometer-Kraters, den wahrscheinlich einst ein See füllte, sind heute noch so genannte Schwemmfächer auszumachen. Dazu Ernst Hauber vom DLR: »Als die Fließgeschwindigkeit der Wassermassen abnahm, haben sie dort ihre Geröllfracht abgeladen.«

Noch etwas weiter südlich liegt der Krater Terby. Seine Sedimente interessieren die Marsforscher, da sie mächtige Schichten aus Sulfatmineralien enthalten. Auf der Erde entstehen solche Stoffe nur in Anwesenheit von Wasser – möglicherweise enthielt auch Terby einst einen großen See. Seine Tafelberge dürften, aus der Nähe fotografiert, einen beeindruckenden Anblick bieten (siehe Foto rechts).

Sowohl Holden als auch Terby sind sehr interessant, doch ihr Klima gilt als problematisch. Möglich, dass es für MSL dort im Marswinter zu kalt wird. Ein relativ milder und sicherer Landeplatz scheint dagegen nahe dem Äquator in der Region Terra Meridiani zu liegen. Diese Region befindet sich kaum 150 Kilometer entfernt von Opportunitys Einsatzgebiet. Wegen der vergleichsweise geringen Risiken beim Aufsetzen spricht manches dafür, den 1,6 Milliarden Dollar teueren MSL dorthin zu steuern. Auch in Terra Meridiani haben die Messgeräte einiger Mars-Sonden Tonmineralien registriert. Das eisenhaltige Hämatit, für Mineralogen ein überzeugendes Indiz für die frühere Anwesenheit von Wasser, fehlt dort zwar – anders als an der Landestelle von Opportunity. Für MSL ist das jedoch kein Nachteil, denn in Hämatitgestein bleiben organische Moleküle ohnehin nur über relativ kurze Zeiträume hinweg erhalten.

Gefragt nach dem persönlichen Favoriten aus dieser Sechserliste sind sich die Geologen Hauber und Schieber einig: Ihr Wunschkandidat ist der Krater Holden. Ob er am Ende das Rennen macht, zeigt sich wahrscheinlich erst im Herbst des kommenden Jahres, kurz bevor MSL startet. Bis dahin werden die Mars-Satelliten, besonders der Reconnaissance Orbiter der Nasa, alle möglichen Landestellen weiter kritisch unter die Lupe nehmen. »Verglichen mit den Missionen von Spirit und Opportunity wird der Landeplatz der MSL-Mission im Vorfeld erheblich besser untersucht«, sagt Jürgen Schieber. Bei den Zwillingsrovern hätte man vorab nicht genau gewusst, was die beiden am Boden erwartet. Trotzdem wurde ihr Einsatz ein großer Erfolg. MSL hat alle Chancen, daran anzuknüpfen. <<

***THORSTEN DAMBECK**, Physiker und Wissenschaftsautor aus Heidelberg, hat sich für diesen Artikel tief in seinen Mars-Atlanten vergraben. Weitere Informationen zum Thema finden Sie unter astronomie-heute.de/mars.*

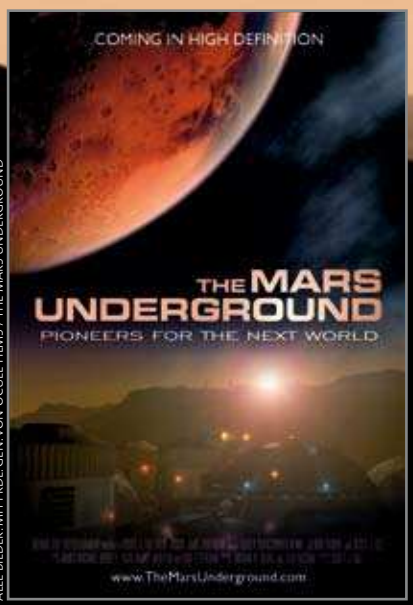
Auch den 170 Kilometer großen Krater Terby wollen die Wissenschaftler am liebsten vor Ort erkunden. Er liegt am Rand des Einschlagbeckens Hellas auf der Südhalbkugel des Mars. Auffällig sind längliche Plateaus in Nord-Süd-Richtung, die sich bis zu 2000 Meter über den Kraterboden erheben. Ihre Flanken zeigen eine deutliche Schichtung – eventuell Sedimentgesteine.

ESA / DLR / FU BERLIN, GERHARD NEUKUM

AM BODEN GEFANGEN

Die Dokumentation »The Mars Underground« erzählt die Geschichte des Raumfahrtingenieurs Robert Zubrin, der sich für eine bemannte Marsmission einsetzt – und damit fortwährend scheitert. Obwohl der Streifen recht einseitig Partei ergreift, ist er sehenswert.

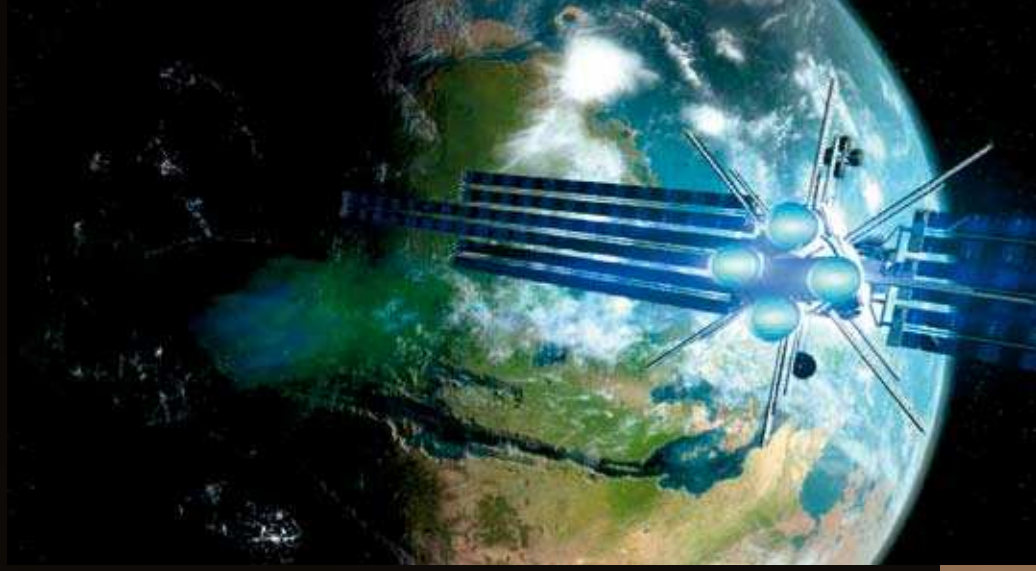
VON FRANK SCHUBERT



ALLE BILDER: MIT FRDL. GEN. VON OCULE FILMS / THE MARS UNDERGROUND

The Mars Underground

Produktion: Ocule Films, USA. Erscheinungsjahr: 2005. Laut Hersteller kann die DVD (nur auf Englisch) über die Webseite www.themarsunderground.com bestellt werden. Bei Redaktionsschluss wurde diese Seite allerdings gerade überarbeitet.



Zubrin und Baker entwarfen Anfang der 1990er Jahre den Missionsplan »Mars Direct«. Er sieht vor, dass die Mars-Raumschiffe auf Raketen von der Kapazität der Saturn-5 starten (links). Fantasievolle Zeitgenossen glauben, man könne den Mars per Terraforming ergrünen lassen(rechts).

Eines fernen Tages könnte es dazu kommen, dass Menschen zum Mars fliegen. Aber gewiss ist das nicht. Die Reise ist riskant – zu riskant, wie viele meinen.

Und überhaupt, was sollen Menschen dort – in einer Umgebung, wo das Überleben zum Kunststück wird? Was können Raumfahrer auf dem Planeten ausrichten, was Roboter nicht können? Es gibt viele gute Gründe, am Sinn einer bemannten Marsmission zu zweifeln.

Robert Zubrin sieht das anders. Der US-Raumfahrtingenieur ist einer der prominentesten Befürworter einer solchen Mission. »Der Mars«, sagt Zubrin, »hält die nötigen Ressourcen für Leben bereit: Wasser, Kohlenstoff, Stickstoff, einen 24-Stunden-Tag. Wir können ihn besiedeln. Und wir erfahren dort vielleicht, ob es auch anderswo im Weltall Leben gibt.« Würden die Menschen auf eine bemannte Marsmission hinarbeiten, so Zubrin, dann würde das bedeutende Innovationen in Wissenschaft und Industrie nach sich ziehen – ähnlich wie damals beim Apollo-Programm.

Der Ingenieur steht im Mittelpunkt des Films »The Mars Underground«, der 2005 in den USA gedreht wurde und mehrfach im deutschen Fernsehen (ZDF, Phoenix) lief. Er zeigt, wie Zubrin seit Jahrzehnten versucht, seine Raumfahrtideen an den Mann zu bringen – eine Sisyphusarbeit.

Schon seit den Apollo-Flügen spielen die Amerikaner mit dem Gedanken, Astronauten zum Mars zu schicken. 1989 rief der damalige US-Präsident George Bush die »Space Exploration Initiative« aus (SEI, auf Deutsch: Initiative zur Erforschung des Weltraums). Experten der Nasa traten zusammen und entwarfen einen ehrgeizigen Plan, der als »90-Tage-Report« bekannt wurde. Die Spezialisten schlugen vor, eine riesige Rakete auf dem Mond zu bauen und damit eine Crew zum Mars zu schicken. Die Raumfahrer sollten auf dem Planeten landen, ein paar Tage bleiben und wieder zurückkehren. Geschätzte Kosten: 450 Milliarden Dollar. Wenig verwunderlich, dass der Kongress das Vorhaben 1990 ablehnte.

Weniger ist mehr

Zubrin machte sich für eine schlankere Mission stark. Er meinte, man solle direkt vom Erdboden aus zum Mars starten, um sich den teuren Umweg über den Mond zu sparen. Außerdem, so der Raumfahrtingenieur, sollten die Astronauten nicht bloß ein paar Tage auf dem Mars bleiben, sondern einige Monate, um die dortige Umgebung zu erforschen.

Zusammen mit dem Ingenieur David Baker entwickelte Zubrin den Missionsplan »Mars Direct«. Die Idee: eine bemannte Mission zum Roten Planeten noch in den 1990er Jahren – auf Grundlage der vorhandenen Technik. Der Ablauf: Zunächst fliegt ein unbemanntes Raumschiff zum Mars und landet dort. Mit sechs Tonnen Wasserstoff, dem Kohlendioxid der Marsatmosphäre und der elektrischen Energie eines Kernreaktors erzeugt das Schiff die Raketentreibstoffe Methan und Sauerstoff und speichert sie in flüssiger Form.

26 Monate nach dem unbemannten Raumschiff startet ein weiteres, diesmal mit einer Crew an Bord. Die Raumfahrer fliegen in sechs Monaten zum Mars, bleiben anderthalb Jahre auf ihm und kehren dann im ersten Raumschiff zur Erde zurück – mit Hilfe der auf dem Planeten produzierten Treibstoffe. Die Kosten für drei solche Missionen veranschlagt Zubrin auf 50 Milliarden Dollar, ein Bruchteil dessen, was im 90-Tage-Report vorgesehen war.

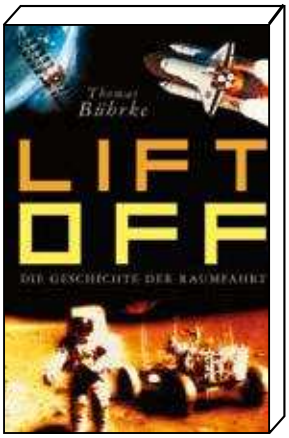
Doch aus Mars Direct wurde nichts. Die Nasa setzte andere Prioritäten, bedingt auch durch den Wechsel der US-Regierungen. »The Mars Underground« zeigt Zubrins Ritt durch die Institutionen. Er redet auf Nasa-Funktionäre und Senatoren ein, schreibt Bücher, fährt zu offiziellen Anhörungen und hält Vorträge. Doch es nützt nichts, er gerät ins Abseits. Sein wichtigster Geschäftspartner trennt sich von ihm.

Die Dokumentation ist ein Stück weit Propaganda – für bemannte Marsflüge, für Zubrins Plan. Trotzdem regt sie zum Nachdenken an. »Seit dem Ende der Apollo-Ära hat die Nasa kein großes, übergreifendes Ziel mehr«, sagt Zubrin, »sie investiert ihre Ressourcen in Projekte, deren Nutzen oft nicht klar umrissen ist.« Andere Experten, die in dem Film auftreten, stimmen ihm zu. Aber auch Zubrins Kritiker kommen zu Wort, sie stellen seinen Plan in Frage: zu viele Gefahren, zu viele Unbekannte.

All jenen, die sich für die bemannte Raumfahrt interessieren, ist »The Mars Underground« sehr zu empfehlen. Die Dokumentation vermittelt ein Stück Raumfahrtgeschichte und wirft Fragen auf, die uns noch lange beschäftigen werden. <<

FRANK SCHUBERT *ist Mitarbeiter von AH.*
Weitere Informationen zum Thema finden Sie unter astronomie-heute.de/artikel/943121.

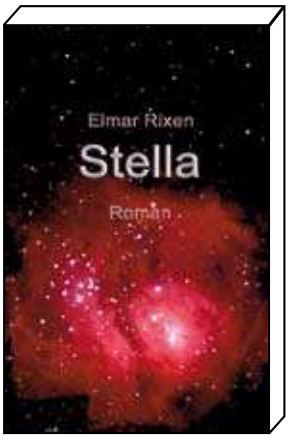
= nicht empfehlenswert
= bedingt empfehlenswert
= empfehlenswert
= sehr empfehlenswert



Thomas Bührke

LIFT OFF

Die Geschichte der Raumfahrt
Bloomsbury / Berlin Verlag, Berlin 2008
meist farbige Fotos
283 Seiten
ab 14 Jahre
ISBN 9783440108604
16,90 €



Elmar Rixen

STELLA

Verlagshaus Monsenstein und Vannerdat, Münster 2007
971 Seiten mit teils farbigen Fotos, Glossar, Karten und Sternkarten
ab 12 Jahre
ISBN 9783865824554
22,80 €

BÜCHER FÜR DIE JUGEND

Diesen Monat möchten wir Ihnen zwei Bücher für junge Sternfreunde ans Herz legen.

LEICHTFÜSSIGE RAUMFAHRT

»Wir kamen in Frieden für die gesamte Menschheit«, versichert noch heute eine Plakette, die sich an einem Stützbein der Landefähre Eagle auf dem Mond befindet. Die Fähre war Teil der ersten Landung auf dem Mond im Juli 1969. Dabei stellte die dreiköpfige Besatzung für potenzielle Mondmännchen eine nur wenig bedrohliche Invasion von der Erde dar. Wäre es nach den Plänen des Raketenkontrukteurs Wernher von Braun gegangen, hätten beim ersten Mondflug gleich fünfzig Astronauten den Mond sechs Wochen lang in Beschlag genommen.

Die Grenzen des Machbaren verdeutlicht der Physiker und Journalist Thomas Bührke in seinem neuen Buch »Lift off – Die Geschichte der Raumfahrt« mit einer simplen Rechnung: Es bedurfte einer vollgetankten Mondrakete Saturn V mit 2837 Tonnen Startgewicht, um gerade mal sechs Tonnen Mensch und Material wieder sicher auf die Erde zurückzubringen – eine wahrlich groteske Massenbilanz.

Der Wettlauf der Supermächte zum Mond macht aber nur einen kleinen Teil in Thomas Bührkes Raumfahrtgeschichte aus. Auf 283 Seiten berichtet er von den wissenschaftlich relevanten Missionen der bemannten und unbemannten Raumfahrt und verzichtet bewusst auf die Beschreibung militärischer oder kommerzieller Anwendungen. Sein flüssiger Schreibstil verrät den erfahrenen Journalisten. Die Lunas, Veneras und Pioneers ziehen am Leser vorbei, ohne dass der Text sperrig wirkt – selbst die dürftige Qualität der Bebilderung fällt da nicht weiter ins Gewicht.

Leider werden viele wissenschaftliche Erkenntnisse, die gerade aus den Planetenmissionen folgen, von Thomas Bührke nur ansatzweise vorgestellt. Mit einem ausführlichen Serviceteil gibt das Buch aber Anregungen zum Weiterlesen, sei es in Büchern oder im Internet. Alles in allem ist es ein leichtfüßiger Rundgang durch die Raumfahrtgeschichte. Auch wenn das Buch für Jungastronauten ab 14 Jahre konzipiert wurde, kann es auch älteren Raumpiloten wärmstens empfohlen werden.

>> Stefan Taube

SKORPION IN DER STEPPE

Als die zwölfjährige Stella auf dem Flughafen im namibischen Windhoek eintrifft, erwartet sie dort nicht nur ihr Onkel Karl. Es eröffnet sich ihr eine ganz neue Welt: eine Landschaft mit Tafelbergen und kakteenartigen Pflanzen – und ein unbekannter Sternhimmel. Stella hat bereits zu Hause in Deutschland einiges über Astronomie gelernt. Mit der Hilfe von Karl und dessen kleiner Sternwarte entdeckt sie nun den Himmel über Afrika.

Auch der Leser entdeckt ihn, zusammen mit Stella, die neugierige Fragen stellt, wie es Kinder eben tun. Der Onkel antwortet – bereitwillig und kindgerecht. In zwölf nächtlichen Wachen zeigt Karl ihr das Kreuz des Südens, den Skorpion und die Sombrero-Galaxie im Sternbild Jungfrau. Und in den Kapiteln dazwischen Land und Leute sowie die Tiere von Namibia – schließlich auch ein wenig mehr von sich selbst. So lernen kleine und große Leser in diesem Roman sowohl die Astronomie der südlichen Halbkugel als auch einen Teil des schwarzen Kontinents kennen.

»Stella« ist eine gelungene Mischung aus Familiengeschichte, Reiseroman und Astronomiebuch. Die Erläuterungen Karls werden durch in den Text eingefügte Farbfotos illustriert. Zwei (leider schlecht gedruckte) Sternkarten des nördlichen und südlichen Sternhimmels und ein Glossar machen wichtige astronomische und landeskundliche Begriffe verständlich. Ein Buch, das Lust macht, zum Sterngucken nach Namibia zu fahren.

>> Stephanie Hügler

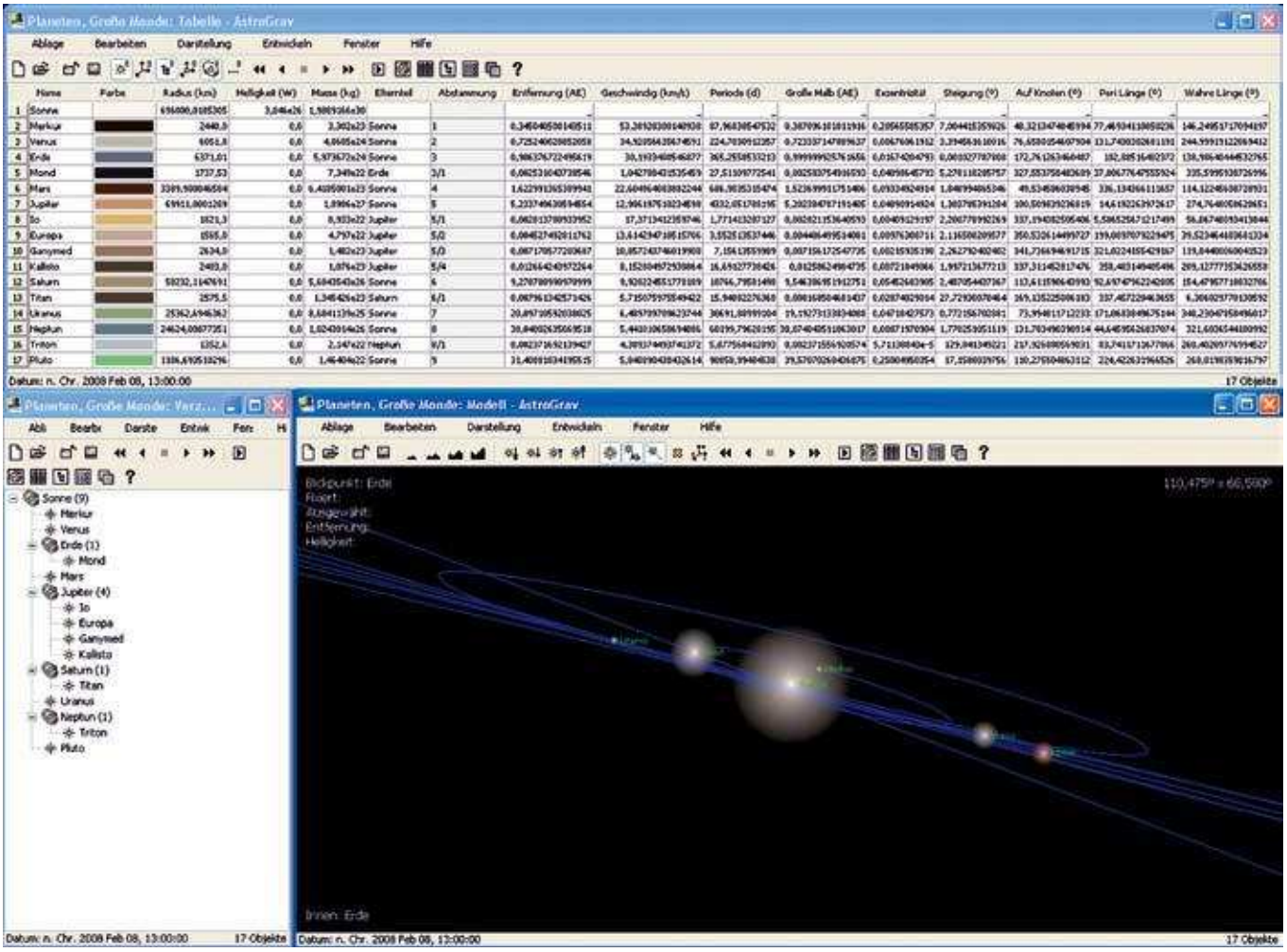
Alle rezensierten Bücher, CD-ROMs und DVDs können Sie in unserem Science-Shop bestellen. Internet: science-shop.de / per E-Mail: shop@wissenschaft-online.de/ telefonisch: 06221 9126-841 / per Fax: 06221 9126-869

AstroGravs wunderbare Welt

DER SCHWERKRAFT

Mit diesem Programm können Sie nachvollziehen, wie sich die Gestirne in Galaxien, Sternhaufen und Planetensystemen unter dem Einfluss der Gravitation bewegen.

VON PETER STRUB



Im Tabellenfenster oben sind die Bahndaten der Planeten aufgelistet, die unten links im so genannte Verzeichnisfenster stehen. Das Sonnensystem aus Sicht der Erde rechts in der 3-D-Modellansicht

Kaum jemand kann sich der Faszination moderner Galaxiensimulationen entziehen. In den Animationen schrumpfen Jahrmillionen auf wenige Sekunden zusammen und man kann zusehen, wie sich realistisch aussehende Sternsysteme aufeinander zubewegen, sich unter dem Einfluss der gegenseitigen Anziehung verformen, zerreißen und zunehmend umschlingen, bis sie am Ende ganz miteinander verschmelzen.

Lange Zeit nur Großrechnern vorbehalten, halten solche Simulationen dank der Rechenleistung moderner PCs auch auf dem heimischen Computer Einzug. Ein Programm, das sich diesem Thema widmet, ist AstroGrav. Es enthält die nötigen Werkzeuge, um Sternsysteme aus hunderten Objekten zusammenzusetzen, deren Bewegung zu berechnen und darzustellen. Dabei beschränkt es sich zwar auf kugelförmige Körper, doch auch so lässt sich schon eine Vielzahl astronomisch interessanter Systeme untersuchen. Lediglich Gasnebel, deren realistische Simulation ohnehin viel zeitaufwändiger ist, bleiben außen vor.

Nicht aller Anfang ist schwer

Auf der Homepage von AstroGrav kann eine Demoversion heruntergeladen werden, die erlaubt, für zwei Wochen uneingeschränkt das Programm auszuprobieren. Will man es länger nutzen, muss man AstroGrav zum Preis von 53,– Euro registrieren. Für die Menüs von AstroGrav stehen sieben Sprachen zur Wahl. In der getesteten deutschen Version 1.6 leistet es sich zwar kleinere sprachliche Schnitzer, trotzdem ist die Bedienung verständlich.

Aller Anfang ist schwer, sagt das Sprichwort. Von AstroGrav kann man das jedoch nicht behaupten. Die Installation gestaltet sich unkompliziert und die Beispielsimulationen, die beim Programmstart angeboten werden, laden sofort zum Experimentieren ein. Ganz gleich, ob man sich nun für die Swing-by-Manöver der Voyager-Sonden, die Entstehung von Protoplaneten, die Kollision zweier Kugelsternhaufen oder eine der 25 weiteren Vorlagen entscheidet, man erhält damit auf spielerische Weise einen schnellen Überblick.

Die ersten Erfolgserlebnisse lassen nicht lange auf sich warten, denn die Bedienung von AstroGrav erklärt sich weit gehend von selbst. Ein Druck auf den Startknopf, und schon läuft die Simulation ansprechend in Szene gesetzt als dreidimensionaler Film ab. Währenddessen kann man sich durch Ziehen mit der Maus frei durch den Raum bewegen und das Geschehen aus allen Richtungen beobachten. Oder man lässt sich auf der Oberfläche eines Körpers nieder und verfolgt den Lauf der Gestirne von dort. Mit Hilfe der Werkzeugleiste ist es möglich, die Helligkeit der dargestellten Objekte zu verändern oder Objektnamen und Umlaufbahnen einzublenden (Bild links).

Lies mich!

Die weiteren Schritte auf dem Weg zur eigenen Simulation kann man ebenfalls selbst erkunden, doch es empfiehlt sich, einen Blick in die mitgelieferte Anleitung zu werfen. Die ist verständlich geschrieben und erläutert Schritt für Schritt alles, was das Programm leisten kann. Allerdings gibt es davon keine Übersetzung, daher sind hier, wie auch für die Nutzung der Hilfefunktion, Englischkenntnisse Voraussetzung.

Die simulierten Himmelskörper kann AstroGrav auf unterschiedliche Art und Weise darstellen. Neben der schon erwähnten dreidimensionalen Modellansicht, der wahrscheinlich meistgenutzten Ansicht von AstroGrav, spielt auch das Tabellenfenster (im Bild links oben) eine wichtige Rolle. Hier werden alle Objekte mit ihren Daten wie Masse, Radius, Ort und Geschwindigkeit aufgelistet. Um den Überblick zu behalten, lassen sich die Spalten auf Wunsch ein- und ausblenden, und die Werte können nach jeder beliebigen Spalte sortiert werden. Größere Änderungen an den Daten werden jedoch leicht zur Geduldsprobe. Die Zahlen lassen sich nämlich nicht direkt in der Tabelle bearbeiten, sondern nur umständlich über ein Bearbeitungsfenster, das man für jedes Objekt neu öffnen muss.

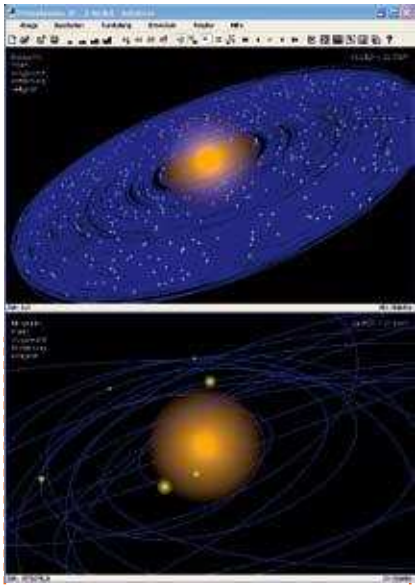
Beim Erstellen eigener Simulationen gibt AstroGrav dem Hobby-Galaxienbauer eine Reihe praktischer Werkzeuge an die Hand. Erwähnenswert ist hier besonders

SYSTEMANFORDERUNGEN:

Windows 2000, XP, Vista oder MacOS X ab 10.2 (Jaguar), 600-MHz-Prozessor (empfohlen: 1 GHz oder mehr), 128 MB Arbeitsspeicher (empfohlen: 256 MB), 100 MB freier Festplattenplatz (50 MB für Macs)

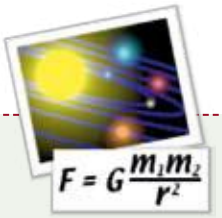
BEZUG:

online von »AstroGrav Astronomy Software« (www.astrograv.co.uk), Kauf/Registrierung: € 53,–, kostenlose Demoversion: zwei Wochen (Vollversion)



PLANETENSYSTEM MARKE EIGENBAU

Nach einer halben Stunde Simulationszeit ist aus einer protoplanetaren Scheibe (oben) ein richtiges Planetensystem (unten) entstanden. Fast alle der ursprünglichen 400 kleinen Körper haben eine Hand voll größerer Planeten gebildet.



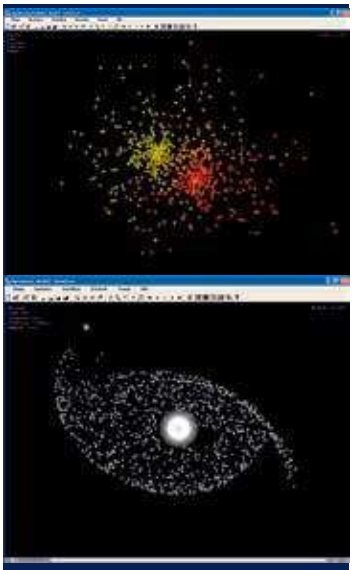
Alles streng nach Gesetz!

Die Entdeckung des Gravitationsgesetzes durch Isaac Newton war eines der Schlüsselereignisse auf dem Weg zur modernen Astronomie (kleines Bild rechts). Newton hatte in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts nämlich als Erster erkannt, dass die Vorgänge am Himmel nicht ihren eigenen Gesetzmäßigkeiten unterworfen sind, sondern denselben physikalischen Gesetzen gehorchen wie die Vorgänge auf der Erde.

Im Lauf der Zeit haben die Fortschritte der Astrophysik gezeigt, dass die Schwerkraft sowohl für die Beschreibung unseres Sonnensystems als auch für das Werden und Vergehen der Sterne, ihrer Planetensysteme, Sternhaufen, Galaxien und nicht zuletzt unseres Universums eine entscheidende Rolle spielt.

Die Grundprinzipien des Newton'schen Gravitationsgesetzes sind relativ leicht zu verstehen. Schon Schüler der Mittelstufe können die Bewegung eines Körpers auf einer kreisförmigen Umlaufbahn berechnen. Schwieriger, aber immer noch direkt lösbar, ist der verallgemeinerte Fall, in dem ein Objekt eine Ellipsen-, Parabel- oder Hyperbelbahn um ein zweites, meist massereicheres beschreibt.

Bei drei oder mehr Körpern muss man, von wenigen Spezialfällen abgesehen, das System simulieren. Dazu benutzt man die Ausgangsposition der Körper, ihre Bahnbewegung und die wirkenden Gravitationskräfte, um die Entwicklung des Systems in kleinen Zeitschritten zu berechnen. Die einfachste Methode beruht darauf, die Bewegung der Körper während eines Zeitschritts als geradlinig anzunehmen, und erst danach die Wirkung der Anziehungskräfte zu berücksichtigen, um die neue Bewegungsrichtung und Geschwindigkeit zu ermitteln. Dann wird diese Prozedur für den nächsten Zeitschritt wiederholt. Unterteilt man die Zeit fein genug, kann so jede gewünschte Genauigkeit erreicht werden. Gleichzeitig steigt aber auch der Rechenaufwand und somit die zur Berechnung benötigte Zeit. <<



KARAMBOLAGE

Zwei Kugelsternhaufen sind auf Kollisionskurs (oben) und stehen kurz davor, zu verschmelzen (unten). Die Störung durch einen Eindringling (links oben im unteren Bild) hat in einer vorher gleichmäßig geformten galaktischen Scheibe aus Sternen die Bildung von Spiralarmen ausgelöst.

das Gruppenwerkzeug. Damit lassen sich auf einen Schlag mehrere hundert Sterne zusammen bearbeiten, anstatt sie alle auf mühsame Weise einzeln von Hand zu erzeugen. Um deren Anordnung zu bestimmen, wählen Sie eine der verschiedenen Vorlagen aus und haben so im Handumdrehen einen Kugelhaufen oder eine protoplanetare Scheibe geschaffen.

Einfach mal Gott spielen

Die Gruppe kann auch frei nach eigenen Vorstellungen gestaltet werden, indem man den erlaubten Wertebereich für die Bahnparameter festlegt, also für jene Zahlenwerte, die Größe, Form und Lage der Umlaufbahnen charakterisieren. Das funktioniert zwar recht gut, ist jedoch nicht immer ganz intuitiv. Manchmal sind mehrere Anläufe nötig, bis tatsächlich das gewünschte Ergebnis erreicht ist. Dabei vermisst man die Möglichkeit, die Versuche als eigene Vorlage speichern zu können, denn leider merkt sich AstroGrav die eingetragenen Werte nicht, und man muss sie jedes Mal aufs Neue eintippen.

Bei all den ansehnlichen Animationen vergisst man leicht, wie viel Rechenaufwand eigentlich dahintersteckt. Erst wenn eine Simulation mit mehreren hundert Sternen nur träge voranschreitet, wird einem das wieder bewusst. Jedoch lässt sich schwer einschätzen, inwieweit das Programm die vorhandene Rechenpower optimal nutzt. Dazu bräuchte man Angaben über den verwendeten Algorithmus und dessen Genauigkeit, aber da hält sich AstroGrav sehr bedeckt. Die für den Rechenaufwand relevanten internen Zeitschritte passt es automatisch an, ohne dass sie irgendwo ersichtlich wären. Allein die Zeitabstände, in denen die Darstellung aktualisiert wird, können eingestellt werden. Viele Benutzer begrüßen das sicherlich, weil sie sich deshalb nicht mit der Theorie auseinandersetzen müssen. Für Forschungsprojekte im Rahmen des Studiums, wie auf der Herstellerwebseite vorgeschlagen, sind jedoch ausführlicher dokumentierte Versuche besser geeignet.

Es hat Spaß gemacht, mit AstroGrav die Welt der Gravitation zu erkunden. Dabei fällt besonders die einfache Handhabung größerer Simulationen positiv auf. Die Bedienung ist im Großen und Ganzen gelungen, jedoch gibt es da auch einige Stolpersteine, die das Vergnügen etwas trüben. Wer sich für die Thematik interessiert, sollte auf jeden Fall einen Blick auf AstroGrav werfen. Dank der kostenlosen Demoversion liegt die Hemmschwelle dazu denkbar niedrig. <<

PETER STRUB *versucht immer noch vergeblich, sich aus dem Bann der Anziehungskraft von AstroGrav zu befreien.*

Diesen Artikel und weiterführende Links finden Sie unter astronomie-heute.de/software.

Mit einem Abonnement von

spektrumdirekt *Premium* erhalten Sie

+ spektrumdirekt, unsere Wissenschaftszeitung im Internet
+ alle bisherigen Ausgaben als ausdruckbare PDF-Dateien
+ Online-Zugriff auf 13 Fachlexika mit über 200.000 Stichwörtern!

spektrumdirekt.de

NOCH MEHR AUSWAHL

Neue Teleskophersteller und Produkte bereichern den Markt.

a ***ZWEI KOMPAKTE SPEKTIVE***, wahlweise mit abgewinkeltem oder geradem Einblick, bietet Leica an. Die Televid 65 und 82 sind mit der AquaDura-Technologie vergütet, die Regentropfen auf der Optik einfach abperlen lässt. Dank des neuen Schnellwechsel-Bajonetts lassen sich sowohl Weitwinkel- als auch Zoomokulare nutzen. Alle Versionen verfügen über ein stickstoffgefülltes und bis fünf Meter Tiefe wasserdichtes Gehäuse. Die Geräte mit High-Definition-Optik (HD) sind ab Sommer im Handel, die Version mit Apo-Linsen gibt es etwas früher. Die Preise stehen noch nicht fest.
leica-camera.com

BARLOWLINSEN verlängern die Brennweite eines Teleskops und erzielen so höhere Vergrößerungen. Allerdings wächst auch die Baulänge der Okulare an. Eine kompakte Alternative ist die Paralux, die in die Hülse von 1,25-Zoll-Okularen geschraubt wird und so die Brennweite des Teleskops um das 1,6-Fache verlängert. Die Baulänge steigt dabei nur um zwölf Millimeter an. Über das Filtergewinde passt sie auch in Kameraadapter mit 1,25-Zoll-Gewinde. Die Barlowlinse mit zwei Glaselementen ist voll multivergütet, liegt in einer staubdichten Box und kostet 39,90 Euro.
astrocom.de

SPEKTIVE UND FERNGLÄSER DER MARKE YUKON sind in Deutschland und Österreich ab sofort exklusiv bei Meade erhältlich. Den Anfang machen zwei Ferngläser mit fünfzig Millimeter Öffnung und sieben- bzw. zehnfacher Vergrößerung für je 139,– Euro sowie ein Spektiv mit fünfzig Millimeter Öffnung für 89,– Euro. Das wasserdichte Spektiv bietet Vergrößerungen zwischen zwanzig- und fünfzigfach. Die beiden Feldstecher mit Porroprismen wiegen jeweils ein Kilogramm und haben eingebaute Strichskalen zur Abstandsbestimmung.
meade.de

SONNENTELESKOPE FÜR DIE H-ALPHA-BEOBACHTUNG stellt die neu gegründete Firma Lunt Solar Systems her. Im Gegensatz zu Weißlicht-Filtern lassen diese Geräte nur das tiefrote Leuchten des Wasserstoffs durch. Dadurch werden neben den Protuberanzen auch sonst unbeobachtbare Strukturen auf der Sonnenoberfläche sichtbar. Neben reinen H-Alpha-Filtern mit Öffnungen zwischen 50 und 160 Millimetern für verschiedene Brennweiten werden ab April auch vollständige Teleskope erhältlich sein. Außerdem gibt es ein Gerät zur Beobachtung der Kalzium-Linie. An der Firma sind neben ehemaligen Mitarbeitern von Coronado auch mehrere deutsche Entwickler beteiligt.
luntsolarsystems.com

b ***GO-TO DER ETWAS ANDEREN ART*** ermöglicht das SkyScout Scope von Celestron – zumindest, wenn Sie bereits das SkyScout-Handplanetarium besitzen. Der Refraktor mit 90 Millimeter Öffnung und 660 Millimeter Brennweite zeigt Ihnen die Objekte, die Sie sonst zwar finden, die aber zu lichtschwach für das bloße Auge sind – zum Beispiel sämtliche Messier-Objekte. Damit die Elektronik nicht gestört wird, besteht das Fernrohr aus nichtmagnetischen Materialien. Es sitzt auf einem Stativ mit Videoneiger, zeigt aufrechte Bilder und hat eine Halterung für den SkyScout. Der Preis liegt bei 275,– Euro – allerdings ohne das Handplanetarium.
celestron-nexstar.de

c ***SOLIDE CRAYFORDAUSZÜGE*** in Zwei- und Drei-Zoll-Ausführung für Refraktoren, Newtons und Schmidt-Cassegrains bietet Baader Planetarium unter der Bezeichnung Steeltrack an. Die solide Konstruktion aus rostfreiem Stahl trägt auch schwere Lasten und lässt sich so justieren, dass eine Kamera nicht zur Bildebene verkippt. Der Auszug ist drehbar, und die 1:10-Untersetzung ermöglicht besonders

ALLE ABBILDUNGEN: HERSTELLERFOTOS

exaktes Scharfstellen. Eine Motorfokussierung können Sie später noch nachrüsten. Die Zwei-Zoll-Ausführung kostet für Newtons 225,– und für Schmidt-Cassegrains 245,– Euro. Die Version für Refraktoren liegt bei 246,– Euro, hier ist noch ein zusätzlicher Adapter nötig.
baader-planetarium.de

d ***GLEICH ZWEI NEUE OKULAR-SERIEN*** hat Vixen in sein Programm aufgenommen, um die bisherigen LV- und PL-Okulare zu ersetzen. Die NLV-Serie bietet auch bei den kürzesten Brennweiten zwanzig Millimeter Augenabstand und eine aufwändige Mehrschicht-Hartvergütung. Neu sind die hochdrehbaren Augenmuscheln. Die Okulare kosten zwischen 109,– und 129,– Euro und sind in Brennweiten von 2,5 bis 40 Millimeter verfügbar. Günstiger sind die vierlinsigen, multivergüteten Plössl-NPL-Okulare mit hochdrehbarer Augenmuschel und Gummigriffring. Sie kosten zwischen 39,– und 49,– Euro und sind mit Brennwei-ten von 6 bis 40 Millimeter erhältlich.
vixen-europe.de

e ***ORION OPTICS UK*** ist ein englischer Hersteller hochwertiger Reflektoren. Mit der Firma Teleskop-Service hat sich nun ein Importeur gefunden, der die verschiedenen Geräte auch in Deutschland anbietet, nachdem die Dobsons der Hausmarke bereits seit Längerem von Orion Optics UK gefertigt werden.

Die Newton-Teleskope Europa DeLuxe glänzen mit einem Zwei-Zoll-Crayford-Okularauszug, einem Hilux-Spiegel mit 97 Prozent Reflexion und geringem Gewicht: Die Zehn-Zoll-Ausführung mit einer Blende von 4,8 wiegt nur zehn Kilogramm. Mit speziellen Planeten-Cassegrains mit Spiegellüfter (Bild), optimierten Dall-Kirkham-Teleskopen und extrem lichtstarken Astrokameras mit einer Blende von 3,8 bei gleichzeitig großem, korrigiertem Gesichtsfeld bietet Orion außerdem neue Geräte im High-End-Bereich an. Diese Fotospezialisten sind mit 200 bis 400 Millimeter Öffnung erhältlich.
teleskop-service.de

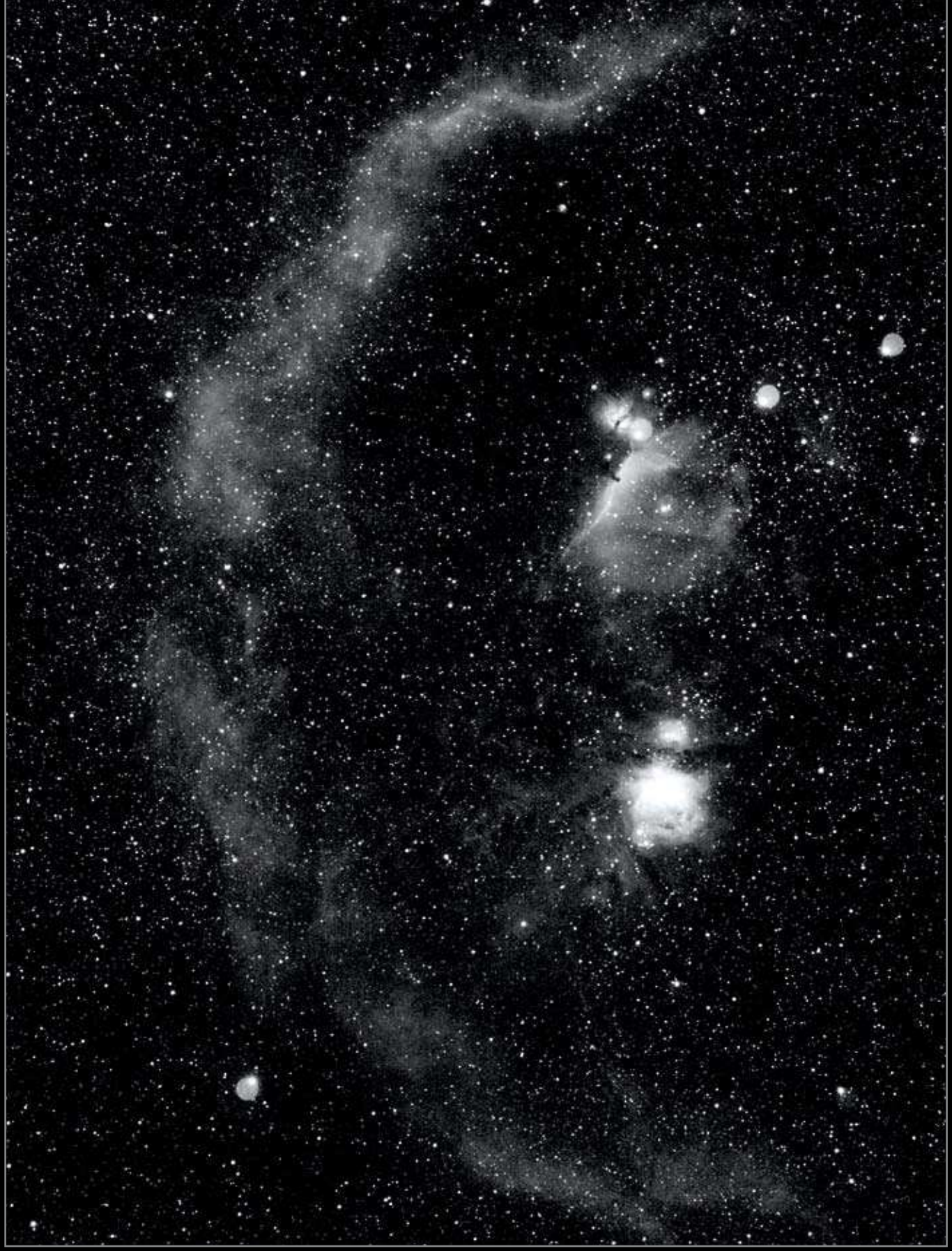
AUF INS ALL

Anfang Februar riss die Wolkendecke rechtzeitig auf, sodass wir verfolgen konnten, wie die Internationale Raumstation über den Himmel zog. Unsere Leser richteten ihre Kameras aber nicht nur auf künstliche Erdtrabanten.

Riesen-Nebel

IC 1396 ist eine ausgedehnte Wasserstoffwolke im Sternbild Kepheus, in der Nähe von My Cephei. Ihr Durchmesser beträgt drei Grad – zu groß für die meisten Teleskope. Für dieses Foto wurden mehrere Aufnahmen durch verschiedene Filter bei nur 440 Millimeter Brennweite kombiniert.

>> Michael Deger



In und um Orion

Der helle Orionnebel M 42 in der unteren Bildhälfte ist der auffälligste Nebel des gleichnamigen Wintersternbilds. Nördlich von ihm, nahe der Gürtelsterne, hebt sich der dunkle Pferdekopfnebel vor weiteren Gaswolken ab. Barnard's Loop (linke Bildhälfte) rahmt das ganze Ensemble ein.

>> Michael Posavec

Über den Wolken

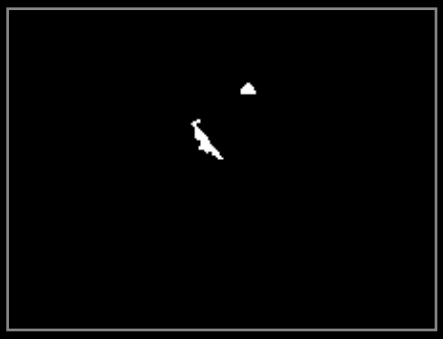
Manchmal gibt es eine Chance, vor schlechtem Wetter zu fliehen: Hier beleuchtet der Mond die Passatwolken am Gipfel des Roque de los Muchachos auf La Palma in der Nähe der gleichnamigen Sternwarte.

>> Hans-Joachim Kreß

Henkelchen

Am Nordrand des Monds ragt der Kraterwall von Sinus Iridium wie ein Henkel in die unbeleuchtete Hälfte unseres Trabanten. Nur seine Gipfel schimmern im Sonnenlicht – ein ungewöhnlicher Anblick.

>> Gerhard Rodemer



ISS 1

Im Teleskop war der Shuttle Atlantis am 9. Februar kurz vor dem Andocken neben der Internationalen Raumstation ISS zu sehen – hier durch einen 200/1200-Millimeter-Newton und bei einer Belichtungszeit von 1/615 Sekunde.

>> Mark Werler

ISS 2

Mit einem 114/900-Millimeter-Newton gelang diese Serie fast zeitgleich mit dem Bild links. Während der Shuttle weniger auffällt, sind die Solarpaneele der ISS recht gut zu erkennen.

>> Thorsten Brand

ISS 3

Die dritte und deutlichste Aufnahme vom selben Tag, diesmal durch ein von Hand nachgeführtes 200/1200-Millimeter-Dobson. Kaum zu glauben, dass die Raumstation 350 Kilometer über unseren Köpfen ihre Bahn zieht.

>> Marc Rathmann

Vorbeiflug

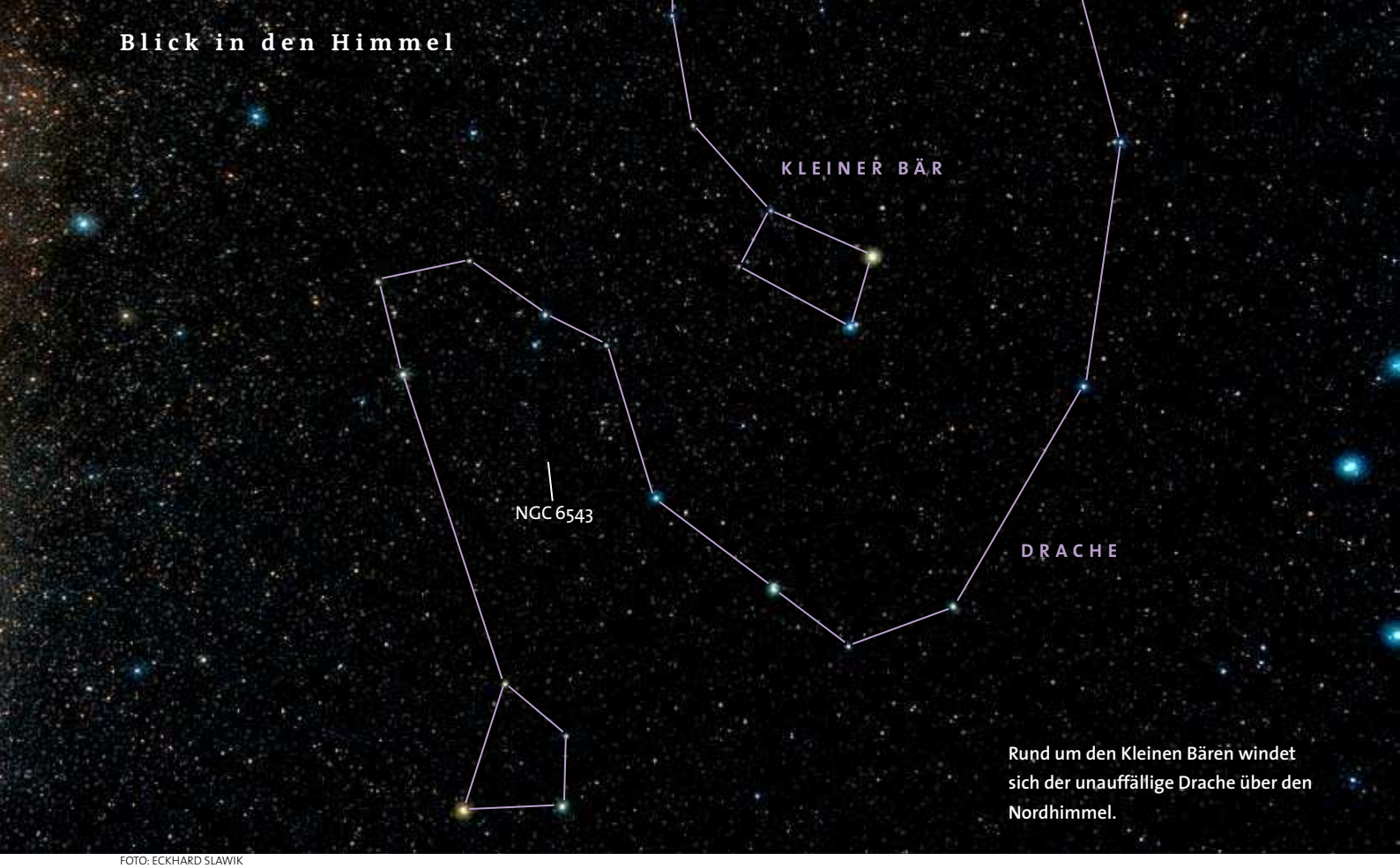
Am 31. Januar, einige Tage, bevor die Bilder oben entstanden, und noch vor dem Shuttlestart, war die ISS bereits mit bloßem Auge zu sehen und wanderte als heller Lichtpunkt quer über den Himmel. Innerhalb einer Minute hinterließ sie eine lange Spur auf diesem Foto.

>> Christian Menges

Machen Sie mit:

Schicken Sie uns Ihre besten Astrofotos für unsere Online-Galerie! Aus allen Einsendungen wählen wir einige der schönsten aus und veröffentlichen sie im Heft. Leider können wir nicht alle Bilder abdrucken. Besonders gute Chancen haben daher Aufnahmen von weniger bekannten Objekten, von reizvollen Konstellationen oder solche, zu denen es eine interessante Geschichte gibt.

Legen Sie die Bilder als JPEGs in der höchsten Auflösung mit dem unten angegebenen Formular auf unserem Server ab. Geben Sie dabei die Informationen über Teleskop, Kamera, Bildbearbeitung und Aufnahmetechnik möglichst vollständig an. Verwenden Sie für Einsendungen bitte nur noch das Formular auf der Internetseite astronomie-heute.de/wunderdesweltalls.



Rund um den Kleinen Bären windet sich der unauffällige Drache über den Nordhimmel.

FOTO: ECKHARD SLAWIK

DIE NEBELJÄGER VON JENA

Lassen Sie es sich nicht entgehen, bei einem Besuch der »Zeiss-Stadt« durch deren Teleskope den Himmel zu entdecken!

VON ALEXANDER KERSTE

Am Rand der Jenaer Innenstadt, gut verborgen hinter der Universitätssternwarte mit ihrer großen Kuppel, erwartet Sie die Urania-Sternwarte. Sie beherbergt einen Coudé-Refraktor – ein Fünfzehn-Zentimeter-Linsenteleskop mit hervorragender Optik. Wie bei vielen historischen Sternwarten leidet auch die in Jena unter der Lichtglocke der Stadt.

Deshalb bietet sich ein Abstecher zur Forststernwarte an, dem alten Werksobservatorium von Zeiss. Sie wird immer wieder für Führungen benutzt und es besteht die Möglichkeit, einen Blick durch den starken Fünfzig-Zentimeter-Spiegel zu werfen. Wegen seiner langen Brennweite vergrößert er sehr hoch und ist ein ideales Gerät, um beispielsweise Planetarische Nebel zu betrachten. Die wenigen Kilometer Abstand zur Stadt machen sich bezahlt: Schon mit bloßem Auge sind viel mehr Sterne zu erkennen. Das Teleskop zeigt auf den Katzenaugennebel NGC 6543 im Sternbild Drache (»Draco«, Foto oben), das sich zwischen den beiden Bären um den Himmelspol windet (siehe Karte S. 84). Der 3000 Lichtjahre entfernte Planetarische Nebel markiert fast genau den Pol der Ekliptik, also der Bahn der Erde um die Sonne. Der kleine Rauchfleck erscheint bei der geringsten möglichen Vergrößerung von 160-fach deutlich flächig, auch seine Grünfärbung lässt sich erahnen.

Planeten im April

Merkur bleibt erst einmal unbeobachtbar. Am 16. steht er in oberer Konjunktion, also hinter der Sonne. Im zweiten Monatsdrittel taucht er allmählich aus der Abenddämmerung auf, geht jedoch bald nach der

KALENDER

- **6.4.** Neumond (5.55 Uhr)
- **8.4.** Mond bei den Plejaden
- **10.4.** Mond neben M 35 und M 36
- **12.4.** Mond nahe Mars (1 Uhr), erstes Viertel (20.32 Uhr)
- **13.4.** Mond in M 44 (22 Uhr)
- **15.4.** Mond und Saturn nahe Regulus
- **16.4.** Merkur in ob. Konjunktion
- **19.4.** Mond bei Spika
- **20.4.** Vollmond (12.25 Uhr)
- **22.4.** Jupiter erreicht 40 Bogensekunden, Maximum der Lyriden
- **24.4.** Mond neben Antares
- **27.4.** Mond bei Jupiter (5 Uhr)
- **28.4.** letztes Mondviertel (16.12 Uhr)

Sonne unter. Etwa ab dem 23. ist er mit –1,6ter Größe eine halbe Stunde nach Sonnenuntergang erstmals wieder tief im Horizontdunst zu finden. Bis zum Monatsende baut er seine Abendsichtbarkeit deutlich aus, trotzdem ist er nur etwa eine Dreiviertelstunde lang zu sehen.

Auch Venus hat sich vom Morgenhimmel praktisch zurückgezogen. Sie nähert sich der Sonne, erreicht ihre Konjunktion jedoch erst im Juni.

Mars wandert weiter durch die Zwillinge (»Gemini«) in Richtung Krebs (»Cancer«, Cnc), erreicht ihn in diesem Monat jedoch noch nicht. Dabei nimmt seine Helligkeit immer mehr ab und liegt am Monatsende bei 1,2ter Größe. Abends glimmt er hoch im Südwesten und geht erst in der zweiten Nachthälfte unter.

Jupiter steht mittlerweile vier Stunden vor der Sonne am Himmel, ab Monatsmitte erreicht der –2,3te Größe helle Planet bis Sonnenaufgang immerhin eine Höhe von 17 Grad über dem Horizont im Südsüdosten (Grafik rechts oben).

Saturn prangt am Abendhimmel mit 0,5ter Größe hoch im Süden neben Regulus und geht in der zweiten Nachthälfte unter.

Wenn Sie die enge Begegnung des Monds mit den Plejaden im März verpasst haben, erhalten Sie am Abend des 8. die nächste Gelegenheit. Allerdings steht die abnehmende Sichel dann noch etwa vier Grad neben dem schönen Sternhaufen, den er erst nach dem gemeinsamen Untergang bedeckt. Tags darauf bildet sie ein Dreieck mit Plejaden und Hyaden.

Am Abend des 10. trennen unseren Trabanten sechs bis sieben Grad von M 36 und M 37, zwei hellen offenen Sternhaufen im Fuhrmann – ob sie sich gegen den Glanz des fast halb vollen Monds durchsetzen können, bleibt abzuwarten und hängt auch davon ab, wie klar der Himmel ist.

In den Morgenstunden des 12. macht der Mond sich an Mars heran, gegen sieben Uhr kommt es sogar zu einer Bedeckung – das geschieht aber leider erst nach Monduntergang.

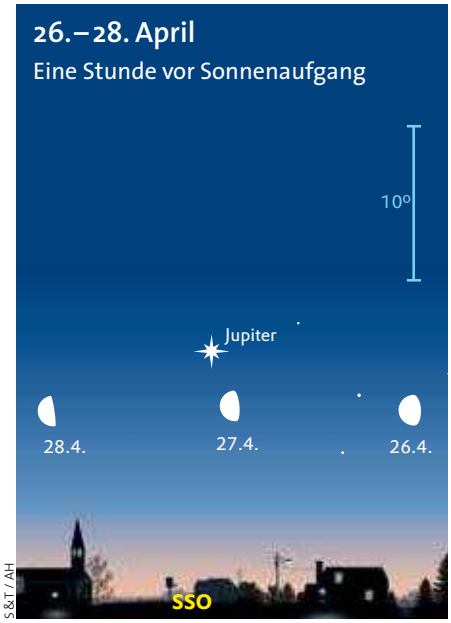
In der Abenddämmerung des 13. steht er hoch am Himmel inmitten von M 44, der Krippe. Das hellste Deep-Sky-Objekt des Krebses wird es zwar schwer haben, sich gegen den zu über drei Viertel beleuchteten Mond durchzusetzen, aber vielleicht erspähen Sie ja im Feldstecher einige hellere Sterne.

Einfacher haben Sie es in der Abenddämmerung des 15., wenn unser Begleiter mit Saturn und Regulus ein langes Dreieck bildet. Überhaupt ähnelt dieser Monat dem vergangenen: Am 19. besucht der Mond erneut Spika und kommt dem Hauptstern der Jungfrau dabei gegen 22 Uhr bis auf 2,8 Grad nahe, in der Nacht vom 23. auf den 24. steht er dann rund fünf Grad neben dem hellen Antares im Skorpion. Der Riesenplanet Jupiter steht am 27. auf dem Programm, unser Begleiter nähert sich ihm gegen fünf Uhr bis auf etwa vier Grad (Grafik rechts).

Meteore im April

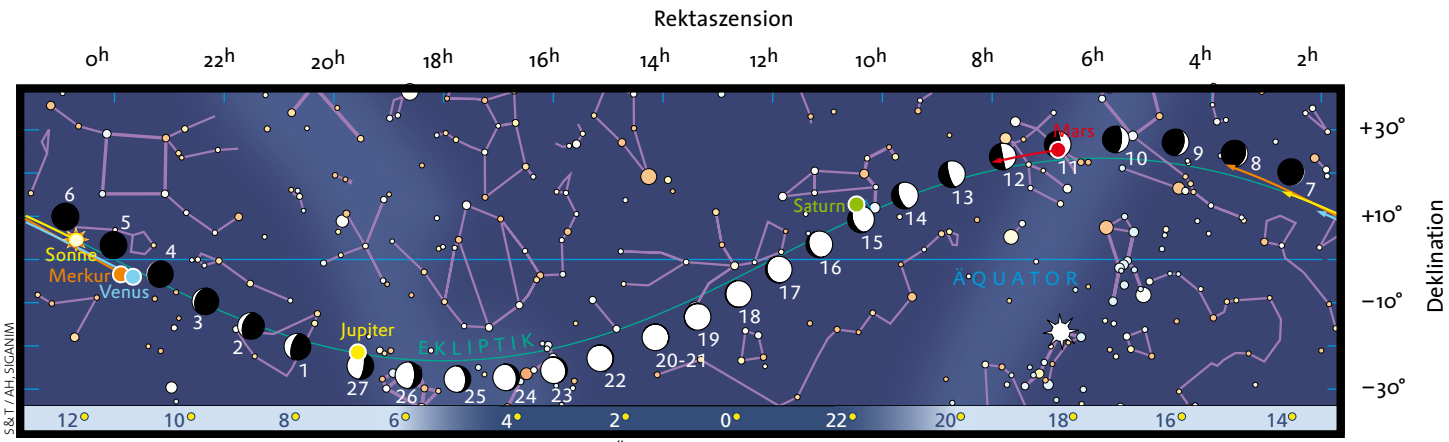
Der Lyriden-Meteorschauer, benannt nach dem Sternbild Leier (»Lyra«), dürfte seine größte Aktivität kurz nach Vollmond in den Morgenstunden des 22. erreichen. Das runde Dutzend Meteore, das jede Stunde zu erwarten ist, muss sich also gegen das helle Mondlicht durchsetzen. <<

ALEXANDER KERSTE *ist Mitherausgeber des AH-Jahrbuchs »Der Himmel 2008«.*



Ende des Monats leuchten Jupiter und der Halbmond morgens tief am Horizont um die Wette.

Die Pfeile im Monatspanorama kennzeichnen die Bewegungen von Sonne und Planeten von Monatsanfang bis -ende. Die untere Leiste gibt die Zeit an, wann der darüberliegende Bereich zur Monatsmitte im Süden steht.



Der Mond ist zum besseren Erkennen der Mondphasen auf allen Karten in Übergröße dargestellt.

DIE KLEINEN MONDVULKANE

Fast alle Krater entstanden durch Bombardement aus dem All, aber es gibt ein paar Ausnahmen.

VON CHARLES A. WOOD

BROWN U. / NASA, NRPDC

Kleine Krater mit pyroklastischen Halos liegen am Ost- und Westwall von Alphonsus.

So finden Sie die Vulkane

ANTONÍN RÜKL

47 Alphonsus (dunkle Flecken)
kleine Kratergruben mit dunklem Halo

72 Atlas
dunkle Halo-Krater am Boden von Atlas

74 Copernicus H
Einschlagkrater mit dunklem Halo

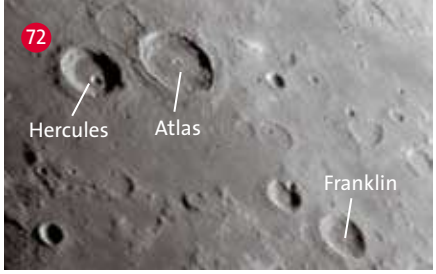
Beobachten Sie die Krater zwischen dem 17. und 24. März oder dem 16. und 23. April.

Einschlagkrater und Vulkane dominieren die Oberfläche des Monds. Fast alle Krater gehen auf Meteorite zurück, und fast der gesamte Vulkanismus besteht aus relativ langsamen Lavaströmen. Doch nicht alle Krater wurden durch einen Impakt verursacht, und es gibt mehrere ungewöhnliche vulkanische Strukturen.

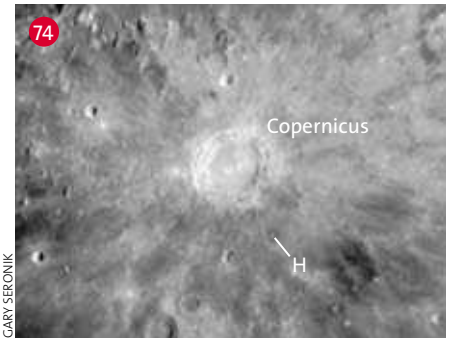
Auf der Erde ist eine spezielle Form vulkanischer Aktivität wortwörtlich »explosiv«, da an ihr im Magma eingeschlossenes Gas beteiligt ist. Wenn das flüssige Gestein an die Oberfläche gelangt, werden die Gasblasen immer größer und der Druck auf sie nimmt ab. Kommt es zur Eruption, dehnt sich das Gas schlagartig aus und zerfetzt das Magma. Die entstehenden Trümmer breiten sich in einem so genannten pyroklastischen Strom aus.

Solche Eruptionen gibt es vor allem bei Vulkanen mit steilen Flanken wie dem Fuji in Japan. Noch größere und explosivere Ausbrüche schleudern das pyroklastische Gestein sogar noch weiter weg und bilden auf diese Weise riesige Krater mit niedrigen Rändern wie die Yellowstone-Caldera im US-Bundesstaat Wyoming. Doch auf dem Mond gibt es keine Fujis und keine Yellowstone-Calderen. Das liegt vermutlich am fehlenden Wasser – als Dampf ist es das häufigste vulkanische Gas auf der Erde.

Dennoch gibt es auch auf unserem Trabanten pyroklastische Ablagerungen. Folglich muss es auch entsprechende Gase geben. Ein weiterer Beweis für ihre Existenz findet sich in Proben von Mare-Basalt. Sie sind reich an Löchern, die auf Gasblasen zurückgehen. Doch welche Stoffe füllten sie einst? Chemische Analysen weisen auf Kohlendioxid, Kohlenmonoxid und Schwe-



GARY SERONIK



GARY SERONIK

Am Boden von Atlas (oben) gibt es ein feines Netz aus Rillen und zwei kleinen Kratern mit dunklem Halo, ebenso bei dem benachbarten Franklin. Der Halo des Sekundärkraters Copernicus H (darunter) ist leicht zu sehen, aber nicht vulkanischen Ursprungs.

DIE LUNAR TOP 100

mit den schönsten Zielen auf unserem Trabanten finden Sie in AH 7-8/2004, S. 54 oder im Internet unter astronomie-heute.de/LunarTop100.

fel hin. Diese finden sich auch in vulkanischem Gestein auf der Erde, doch im Vergleich zu Wasser sind sie zweitrangig. Auf dem Mond spielen sie die Hauptrolle.

Am Boden von Alphonsus (Foto links, L47 in den Lunar Top 100) liegen die bekanntesten pyroklastischen Mondvulkane. Diese kleinen Krater mit dunklen Halos (abgekürzt DHCs nach dem englischen Begriff dark-halo craters) können Sie mit einem Teleskop am einfachsten entdecken, wenn die Sonne hoch steht, die Schatten also kurz sind.

Wasserlose Vulkanausbrüche

Wenn Sie aufmerksam beobachten, werden Sie vier relativ kleine, dunkle Flecken auf dem Kraterboden von Alphonsus erkennen. Insgesamt gibt es dort elf DHCs, die Durchmesser von weniger als vier Kilometern haben. Sie besitzen sehr niedrige Ränder, und ihr Umriss ist nicht unbedingt kreisförmig. Ihren vulkanischen Ursprung verraten die schmalen Rillen, auf denen sie liegen. Diese Rillen sind vermutlich die oberflächliche Spur senkrechter Magmakanäle unter Alphonsus. An elf Stellen ist das aufsteigende Magma durch die Oberfläche gebrochen und hat dunkle Asche in einem Umkreis von bis zu sechs Kilometern um die Krater verstreut. Die winzigen Dellen in der Mitte wurden vermutlich von der Erosion gebildet, die der Strahl eruptierenden Materials hervorrief, sowie von dem späteren Kollaps, der den Durchmesser des Eruptionskanals noch vergrößerte.

Die Alphonsus-Beispiele ähneln stark anderen vulkanischen Kratern mit dunklen Halos auf dem Mond. Schauen Sie in den Krater Atlas hinein, der sich nahe dem Ostrand des Mare Frigoris befindet. Atlas (L72) ist 87 Kilometer breit und weist einen zerbrochenen Boden auf. Er besitzt ein Netz von annähernd konzentrischen Rillen mit zwei fleckenartigen dunklen Halos auf den sich gegenüberliegenden Seiten des Bodens, jeweils in Randnähe. Der kleinere Krater Franklin in der Umgebung ähnelt Atlas und weist ebenfalls Rillen und DHCs auf. Andere dunkle Halos finden Sie in Petavius und Cleomedes, doch die sind winzig und sehr schwer auszumachen.

Einer der auffälligsten DHCs ist Copernicus H (L74). Er befindet sich genau südöstlich des markanten Strahlenkraters Copernicus. Der fünf Kilometer breite Fleck ist jedoch nicht vulkanischen Ursprungs. Es handelt sich um einen gewöhnlichen Einschlagkrater, der das helle Oberflächenmaterial durchbrochen und dabei tiefer liegendes, dunkles Mare-Gestein freigelegt hat. Die meisten der insgesamt achtzig bekannten DHCs sind in der Tat nur Meteoritenkrater.

Das führt natürlich zu der Frage: Wie kann man unterscheiden, ob ein DHC vulkanischen Ursprungs ist oder durch einen Einschlag gebildet wurde? Die Umgebung liefert die besten Hinweise: Befindet sich der DHC in der Nähe von oder auf einer Rille? Sind zwei oder mehr DHCs benachbart? Liegt er in einem Krater, der Rillen oder andere vulkanische Eigenschaften besitzt? Wenn die Antwort zu einer oder mehrerer dieser Fragen Ja lautet, sehen Sie vermutlich einen kleinen Mondvulkan. <<

CHARLES A. WOOD *betreut die Webseiten Chuck Wood's Moon (cwm.lpod.org) und The Lunar Photo of the Day (lpod.org).*

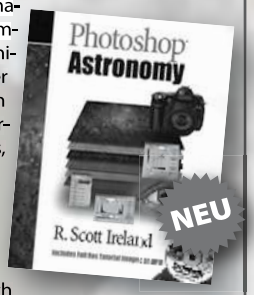
Atlas der Messier-Objekte

Eine gelungene Mischung aus Beobachtungshilfe und Bildband. Das großzügige Format und die aufwändige optische Gestaltung machen die Lektüre zu einem echten Genuss! Eine derartig umfangreiche und vollständige Darstellung zu den Messier-Objekten hat es bisher in deutscher Sprache noch nicht gegeben. Die Beschreibung zu den Objekten gliedern sich in die Abschnitte Historie, Astrophysik und Beobachtung. Gleichgültig ob das Interesse eher historisch, theoretisch oder praktisch ausgerichtet ist, kommt jeder mit diesem Buch auf seine Kosten.

€ 59,90

Photoshop Astronomy

Der Autor arbeitet seit fast 10 Jahren mit Photoshop, um seine Astrofotos zu bearbeiten. Die dabei gemachten Erfahrungen hat er in diesem speziell auf die Bedürfnisse des Amateurastronomen zugeschnittenen Buch gesammelt. Die behandelten Themen sind unter anderem: die technische Ausstattung, Farbmanagement, Histogramme, Maskierungstechniken, Addition mehrerer Bilder, Korrektur von Vignettierungen, korrektur von Farbhalos, Deformationen oder überbelichteten Sternen, LRGB und vieles mehr. Auf der beigefügten DVD befinden sich alle im Buch besprochenen und verwendeten Beispielbilder.



€ 39,90

Astronomik UHC-E

Diese neue Variante des UHC-Filters ist eine günstige Ergänzung unseres Angebotes. Gegenüber dem Profi UHC-Filter ist die Halbwertsbreite etwas größer, die Transmission etwas geringer (typisch 94% gegen 98%). Dadurch liefert etwas weniger kontrastreiche Bilder an größeren Fernrohren. Durch seine Eigenschaften können wir den UHC-E-Filter als preiswerte Alternative für Geräte bis 15cm Öffnung empfehlen.

ab € 65,00

astro-shop
Eiffestr. 426 • 20537Hamburg
Telefon 040 / 511 43 48 • FAX 040 / 511 45 94
www.astro-shop.com/ahoi

DER MESSIER-MINIMARATHON

Im 18. Jahrhundert erstellte Charles Messier einen Katalog von Nebelflecken am Himmel, die heute zu den schönsten Zielen für Amateurastronomen gehören. So eindrucksvoll wie auf diesen lang belichteten Profiaufnahmen wirken sie im Teleskop zwar nicht – dafür sehen Sie sie dann jedoch alle mit dem eigenen Auge.

FOTOS (SOFERN NICHT ANDERS ANGEGEBEN): NASA / ESA / STSCI

Alle Messier-Objekte in einer Nacht? Das geht, ist aber stressig. Wenn Sie sich darauf beschränken, nur die schönsten aufzusuchen, haben Sie mehr davon. Mit 25 Zielen erwartet Sie eine tolle Nacht.

VON ED TING

Beiträge in **astronomie heute** erwähnen häufig die Messier-Objekte – 109 Sternhaufen, Nebel und Galaxien, die der französische Astronom Charles Messier im 18. Jahrhundert katalogisierte. Diese himmlischen Prachtstücke werden normalerweise dann beobachtet, wenn sie am höchsten über dem Horizont stehen. Das ist bei unserem aktuellen Feldstechertipp (S. 86), dem Galaxienpaar M 65/M 66 im Löwen, in den Abendstunden von Februar bis Mai der Fall. Aber wie viele Ziele dieser Liste können Sie beobachten, wenn Sie bereit sind, die gesamte Nacht am Teleskop zu verbringen?

Wir können natürlich nur die Objekte beobachten, die nicht gleichzeitig mit der Sonne am Taghimmel stehen. Zum Glück hält sie sich Ende März von Messier-Fundstücken fern, und Sie können die komplette Liste zwischen Abend- und Morgendämmerung »abarbeiten«.

Die ersten Messiermarathons organisierten Tom Reiland und Tom Hoffelder in Pittsburgh sowie Don Machholz in San José. Die Idee verbreitete sich rasch, und heute veranstalten Astronomievereine auf der ganzen Welt ähnliche Veranstaltungen. Das sind aufregende Events: Sterngucker bleiben die ganze Nacht lang wach und versuchen, alle 109 Ziele zu beobachten, bevor die Sonne aufgeht. Diese gewaltige Aufgabe erfordert eine sorgfältige Vorbereitung ebenso wie physisches Durchhaltevermögen und eine gute Kenntnis des Nachthimmels.

Aber was ist, wenn Sie das Hobby erst seit Kurzem betreiben oder nur ein kleineres Fernrohr besitzen? Keine Sorge – jeder kann mitmachen. Statt alle 109 Objekte abzuklappern, konzentrieren Sie sich auf die 25 besonders schönen, die wir zusammengestellt haben. Sie müssen zwar trotzdem die ganze Nacht wach bleiben, aber es bleibt genügend Zeit zum Entspannen, zum Austausch mit Mitbeobachtern oder gar für ein kleines Nickerchen. Sind Sie so weit? Dann lassen Sie uns loslegen!

Informieren Sie sich zunächst einmal, ob es einen Astronomieklub in Ihrer Nähe gibt (eine umfangreiche Liste finden Sie im Internet). Vielleicht planen die Mitglieder dort ja selbst einen Messiermarathon? Falls ja, können Sie sich ihnen bestimmt anschließen. Sie werden einen geeigneten Beobachtungsplatz kennen, und es ist ein Riesenvorteil, mit erfahrenen Sternfreunden auf die Reise zu gehen.

Feldstecher sind hilfreich

Falls es in Ihrer Umgebung keinen solchen Verein gibt, dann suchen Sie sich einen dunklen Ort, an dem Sie ungestört beobachten können. Achten Sie dabei auf einen möglichst freien Blick nach Süden und Westen.

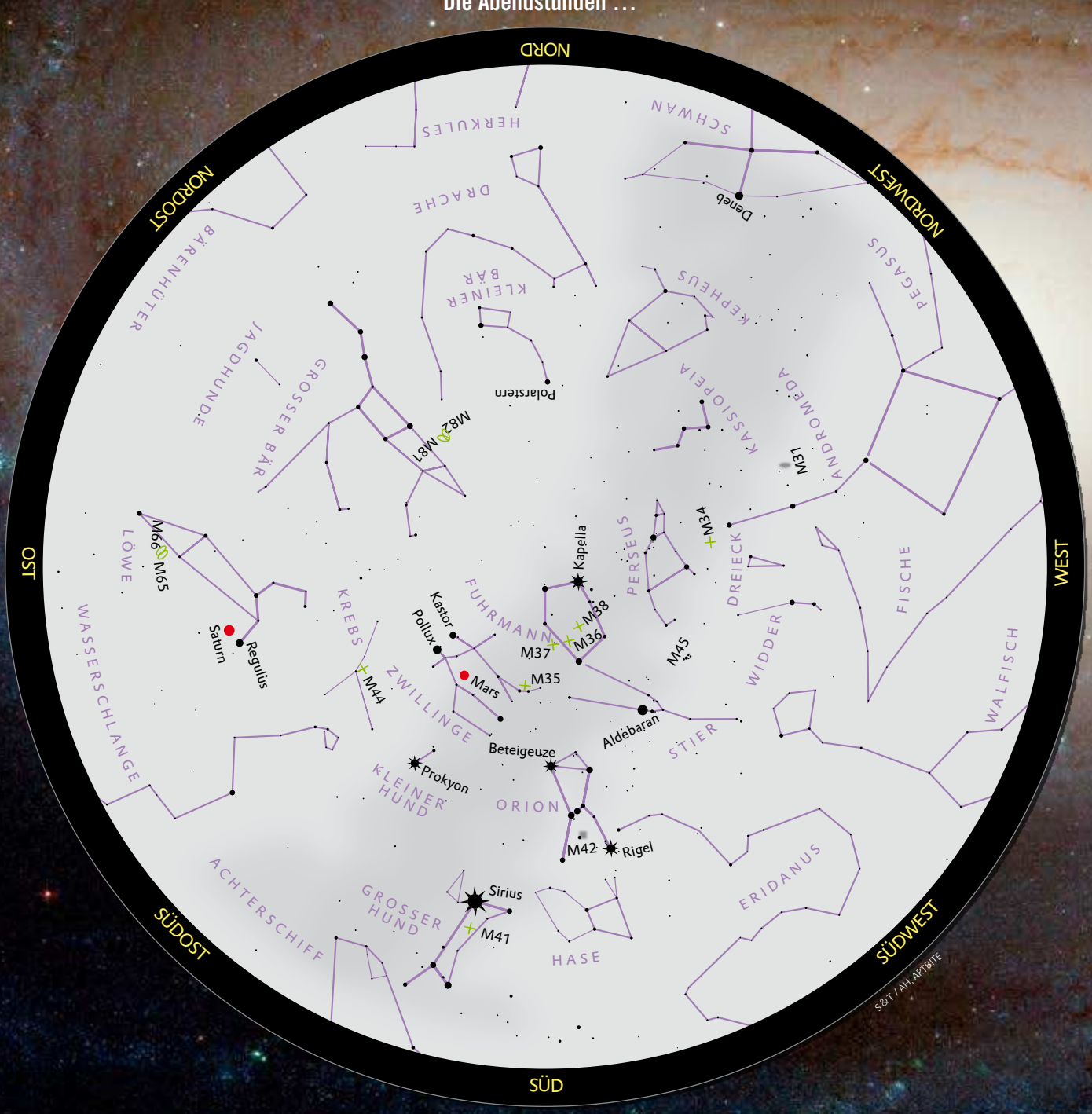
Stellen Sie sicher, dass Ihr Teleskop voll einsatzfähig ist, und machen Sie sich mit ihm vertraut. Alle Objekte in unserer Liste können Sie schon mit einem kleinen Fernrohr erspähen, aber es wird viel einfacher, wenn Ihr Instrument mindestens sechs Zoll (15 Zentimeter) Öffnung hat.

Feldstecher sind sehr hilfreich, um das Himmelsgebiet zu erkunden, in dem Sie beobachten wollen. Einige der wirklich großen Sternhaufen wirken im Fernglas sogar besser als im Teleskop.

Vergessen Sie nicht, die beiden Sternkarten auf der nächsten Doppelseite mitzunehmen. Außerdem werden Sie eine Rotlichttaschenlampe brauchen sowie warme Kleidung, inklusive Handschuhe und einer Mütze. Ein Campingstuhl ist ebenfalls nützlich, damit Sie nicht die ganze Nacht über stehen müssen.

Schließlich dürfen Sie nicht vergessen, sich selbst vorzubereiten! Ruhen Sie sich vor der Nacht der Nächte gut aus, tragen

RICK KREICI



Sie bereits am Abend warme Kleidung und trinken Sie genug. Essen Sie oft, aber wenig. Frische Früchte, Säfte oder ein Energieriegel können bei Erschöpfung Wunder wirken.

Alles klar so weit? Dann kann's ja endlich losgehen!

Schneller Start

Unser Minimarathon beginnt hektisch: Gleich ein Drittel der Ziele dieser Nacht sollten Sie innerhalb von ein oder zwei Stunden erledigen. Die ersten fünf Objekte versinken Ende März nämlich bereits kurz nach Sonnenuntergang hinter dem Horizont. Je früher Sie beginnen, desto besser. Zum Glück sind diese frühabendlichen Ziele hell und leicht zu finden.

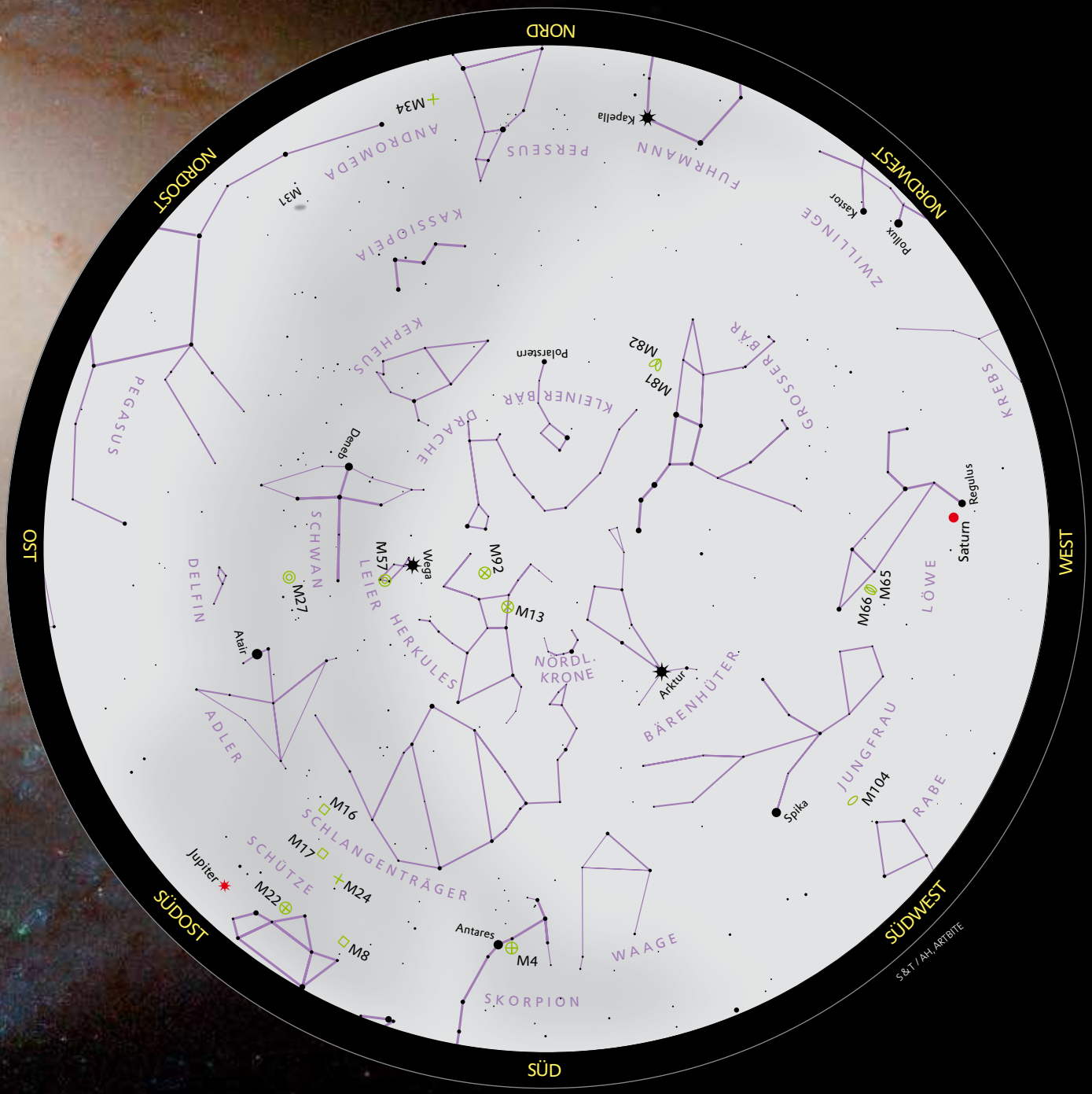
1) M 31, die Andromeda-Galaxie, ist die erste und schönste Galaxie der Nacht. Sie sollte im Okular als langer, elliptischer Nebelfleck erscheinen. Bonuspunkte gibt es, wenn Sie auch ihre Begleiter M 32 und M 110 erspähen.

2) M 34 ist ein heller, ausgedehnter offener Sternhaufen links oberhalb von M 31.

3) M 45, die Plejaden, können Sie bereits mit dem bloßen Auge erkennen. Im Teleskop passen sie möglicherweise sogar bei geringster Vergrößerung nicht mehr ins Gesichtsfeld. In dem Fall greifen Sie besser zu einem Feldstecher.

4) M 42, der Orionnebel, liegt südlich der Gürtelsterne des Himmelsjägers. Halten Sie Ausschau nach einem hellen Lichtfleck mit einem dicht gedrängten Sternquartett.

5) M 41, genau südlich von Sirius, ist leicht zu finden – der hellste Stern des



Mit diesen beiden Karten müssten Sie alle Ziele finden können, wenn nicht, hilft ein Sternatlas oder ein Computerprogramm weiter. Die linke Karte gilt für die erste Nachthälfte – genauer gesagt für Mitte März gegen 19 Uhr MEZ, Anfang April gegen 19 Uhr MESZ und Mitte April gegen 18 Uhr MESZ. Die rechte Karte deckt die zweite Nachthälfte ab und zeigt den Himmelsanblick Mitte März gegen 4 Uhr MEZ, Anfang April gegen 4 Uhr MESZ und Mitte April gegen 3 Uhr MESZ.

Wann Sie es versuchen können

Ein vollständiger Messiermarathon kann nur in einer Neumondnacht Ende März gelingen. Da Ed Ting die richtig schwierigen Ziele gestrichen hat, haben Sie deutlich mehr Zeit – noch bis Mitte April. Heben Sie diesen Artikel also ruhig auch für das nächste Jahr auf.

Neumond ist dieses Jahr Anfang April, sodass der abnehmende Mond Ende März noch etwas bei der Beobachtung stört. Warten Sie dennoch nicht zu lange: Im Lauf des April wird es immer schwerer, die Objekte in der Dämmerung zu erkennen.

BERND FLACH-WILKEN

TRAVIS A. RECTOR, BRENDA A. WOLPA / NOAO, AURA, NSF

Der Kugelsternhaufen M13 (ganz oben) wirkt in großen Teleskopen fast besser als auf Fotos, da sie ihn bis ins Zentrum auflösen können, ohne dass Teile der Aufnahme überbelichtet werden. Der Adlernebel M16 (kleines Bild) hingegen zeigt im Fernrohr ein schwaches, farbloses Schimmern.

Nachthimmels beleuchtet den Weg. Das Fernrohr zeigt einen Fleck voller Sterne.

6) M37 und die beiden benachbarten Sternhaufen im Fuhrmann sollten Sie in rascher Folge finden, da sie nahe beieinanderstehen. Die Mitglieder von M37 sind schwach, aber zahlreich, sodass die Gruppe gerade in etwas größeren Teleskopen eindrucksvoll erscheint.

7) M36 ist viel kleiner als M37 und enthält weniger Sterne, die aber allesamt recht hell sind.

8) M38 ist fast so groß wie M37, und die Helligkeit seiner Sterne liegt zwischen der von M36 und M37. Erkennen Sie die kreuzförmige Gestalt der Gruppe, mit je einem Sternpaar am Ende jeder Spitze?

9) M35 im Nachbarsternbild Zwillinge ist größer und heller als seine drei Artgenossen im Fuhrmann.

Jetzt können Sie sich eine Pause gönnen – Sie haben es sich verdient. Schnappen Sie sich etwas zu trinken und eine Kleinigkeit zu essen. Sie müssen vorbereitet sein, wenn Sie wieder ans Teleskop gehen, denn die größten Herausforderungen des Abends kommen jetzt!

Von wegen Schlafenszeit

Sie können entweder gleich mit den nächsten Zielen weitermachen oder noch ein bis zwei Stunden warten. Aber versuchen Sie Ihr Glück gar nicht erst an der Galaxie M104, bevor diese nicht hoch am Himmel steht. Ende März ist das zum Glück schon gegen 22 Uhr der Fall.

10) M44, die Krippe oder Praesepe, bietet einen guten Ausgangspunkt für diesen Teil des Nacht. Der offene Sternhaufen erscheint dreimal größer als der Vollmond!

11/12) M81 und M82 bilden das hellste Galaxienpaar am Himmel, aber sie sind schwächer als alles, was Sie bislang beobachtet haben. Sie sind auch nicht leicht zu finden, da in ihrer Nähe kein hellerer Stern steht. Seien Sie geduldig, Sie werden sie erkennen, wenn sie im Okular auftauchen. M81 ist fast rund, während M82 länglich und zigarrenförmig ist (Bilder rechts oben).

13/14) M65 und M66 sitzen nah beieinander im Hinterteil des Löwen. Verwechseln Sie die beiden nicht – M66 ist heller und etwas kleiner als M65. Diese Galaxien können schwer zu sehen sein, wenn Ihr Teleskop weniger als vier Zoll (zehn Zentimeter) Öffnung hat. Wenn Sie in einer Gruppe beobachten, fragen Sie jemanden mit einem größeren Teleskop, ob Sie einen Blick hindurchwerfen dürfen. Ihr Teleskop können Sie währenddessen ja auf Saturn richten.

15) M104, die Sombrero-Galaxie, ist die letzte Galaxie dieser Nacht. Zum Glück ist sie vergleichsweise hell, und ihre markante Form ist bereits in einem kleinen Teleskop zu erkennen.

Wenn Sie so weit gekommen sind: bravo! Der schwerste Teil des Abends ist vorüber. Es fehlen nur noch zehn Ziele, und die meisten davon sind hell, groß und leicht zu finden. Wenn keine Wolken aufziehen und Sie wach bleiben, dürften Sie den Marathon erfolgreich beenden.

In der Ruhe der Nacht

Gute Nachrichten: Wenn Sie die Galaxien abgehakt haben, können Sie eine lange Pause machen. Falls Sie gemeinsam mit anderen Sternfreunden beobachten, laufen Sie ein wenig umher und schauen Sie einmal durch deren Teleskope. Essen Sie eine Kleinigkeit, trinken Sie etwas, und wenn Sie ein wenig schlafen wollen, ist das die beste Gelegenheit. Stellen Sie aber sicher, dass Sie nachher jemand weckt.

Je länger Sie warten, desto höher steigen die verbleibenden Ziele über der Horizont, bevor die Morgendämmerung sich bemerkbar macht – Ende März ist das gegen halb fünf Uhr morgens. Machen Sie sich bereit für ein paar der schönsten Anblicke der Nacht.

16) M 13, der berühmte Kugelsternhaufen im Herkules, ist ein großartiger Einstieg in diese Etappe des Programms. Er enthält mehrere hunderttausend Sterne, auch wenn die meisten davon (vielleicht sogar alle) in Ihrem Fernrohr zu einem Schimmern verschmelzen dürften. Wenn Sie das einprägsame, aber dunkle Sternviereck des Herkules gefunden haben, ist M 13 kein Problem mehr. Suchen Sie das Sternviereck auf einem Drittel des Wegs zwischen Wega in der Leier und dem hellen Arktur im Bärenhüter (siehe Fotos links oben).

17) M 92 ist viel kleiner als M 13, aber er ist dennoch ein bemerkenswerter Kugelsternhaufen. Achten Sie auf seine elliptische Form – die meisten Kugelsternhaufen sind rund.

18) M 57, der Ringnebel in der Leier, scheint wie ein kleiner Rauchring zwischen den Sternen zu hängen. Wenn Sie nur ein winziges Scheibchen erkennen, probieren Sie eine höhere Vergrößerung aus. M 57 ist ein Planetarischer Nebel, der Überrest eines Sterns, der seine äußere Hülle vor langer Zeit abgestoßen hat.

Als Nächstes steht ein weiterer Planetarischer Nebel auf dem Programm, der völlig anders aussieht:

19) M 27, der Hantelnebel, ähnelt einer Hantel, einer Sanduhr oder einem Apfelbutzen – ganz nach Ihrem Belieben. Wie bei M 57 sehen wir hier das Spätstadium eines sonnenähnlichen Sterns (Bild unten rechts). Er ist eines der schönsten Ziele dieser Nacht, also lassen Sie ihn sich nicht entgehen!

Haben Sie so lange durchgehalten? Gut! Wahrscheinlich sind Sie mittlerweile recht müde, aber packen Sie noch nicht zusammen. Versuchen Sie wach zu bleiben – essen und trinken Sie vielleicht noch eine Kleinigkeit. Sie haben's fast geschafft.

Das große Finale

Sie haben vielleicht schon bemerkt, dass der Himmel im Osten langsam heller wird – die Sonne geht bald auf. Beeilen Sie sich also, damit Ihnen die letzten sechs Objekte nicht entgehen. Sie sind alle Prachtstücke, und mit etwas Glück sind Sie noch wach genug, um sie gebührend zu würdigen.

20) M 4 finden Sie nur einen Finger breit rechts des rötlichen Antares. Er ist einer der nächstgelegenen Kugelsternhaufen – gerade einmal 14 000 Lichtjahre trennen ihn von uns.

21) M 8, der Lagunennebel, steht als heller Sternhaufen inmitten eines Lichtschimmers. Der Nebel, der die Sterne umgibt, ist mit zunehmender Dämmerung immer schwerer zu erkennen.

22) M 22 ähnelt einem flachen M 13. Der helle Kugelsternhaufen steigt von Mitteleuropa aus betrachtet leider nie mehr als zwanzig Grad über den Horizont.

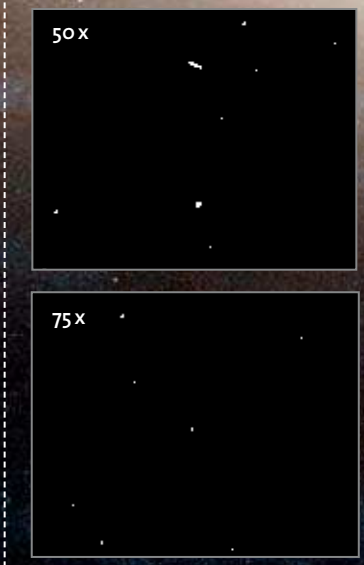
23) M 24 ist eigentlich nur ein hellerer Bereich der Milchstraße, sieht aber aus wie eine große Wolke aus Sternen. Für die meisten Teleskope ist er viel zu ausgedehnt. Versuchen Sie Ihr Glück am besten mit einem Feldstecher oder sogar nur mit dem bloßen Auge.

24) M 17, den Schwanennebel, finden Sie direkt oberhalb von M 24. Halten Sie nach einem hakenförmigen Nebel vor einer Sterngruppe Ausschau.

25) M 16, der Adlernebel, liegt genauso weit oberhalb von M 17, wie M 24 darunterliegt. Mit den meisten siebenfach vergrößernden Feldstechern haben Sie alle drei gleichzeitig im Gesichtsfeld. Auf den ersten Blick sieht M 16 aus wie ein einfacher Sternhaufen, aber wenn der Himmel dunkel genug ist, können Sie auch einen Hauch von dem Nebel erspähen, der in dem Foto auf der linken Seite so eindrucksvoll wirkt.

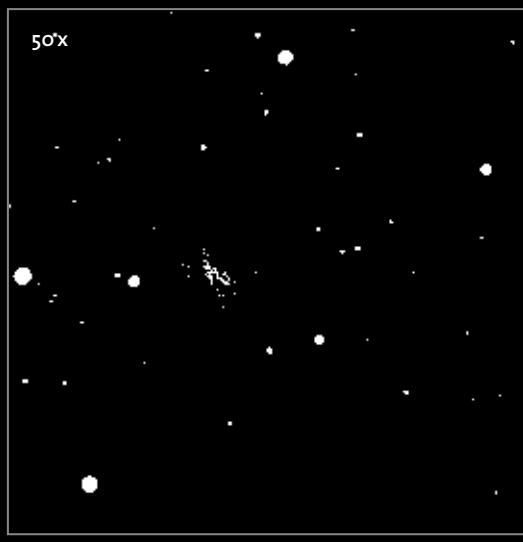
Und jetzt genießen Sie den Sonnenaufgang. Sie haben es verdient. <<

ED TING *war schon bei vielen Mini-, Midi- und Maxi-Messiermarathons dabei. Links zum Thema finden Sie unter astronomie-heute.de/artikel/942499.*



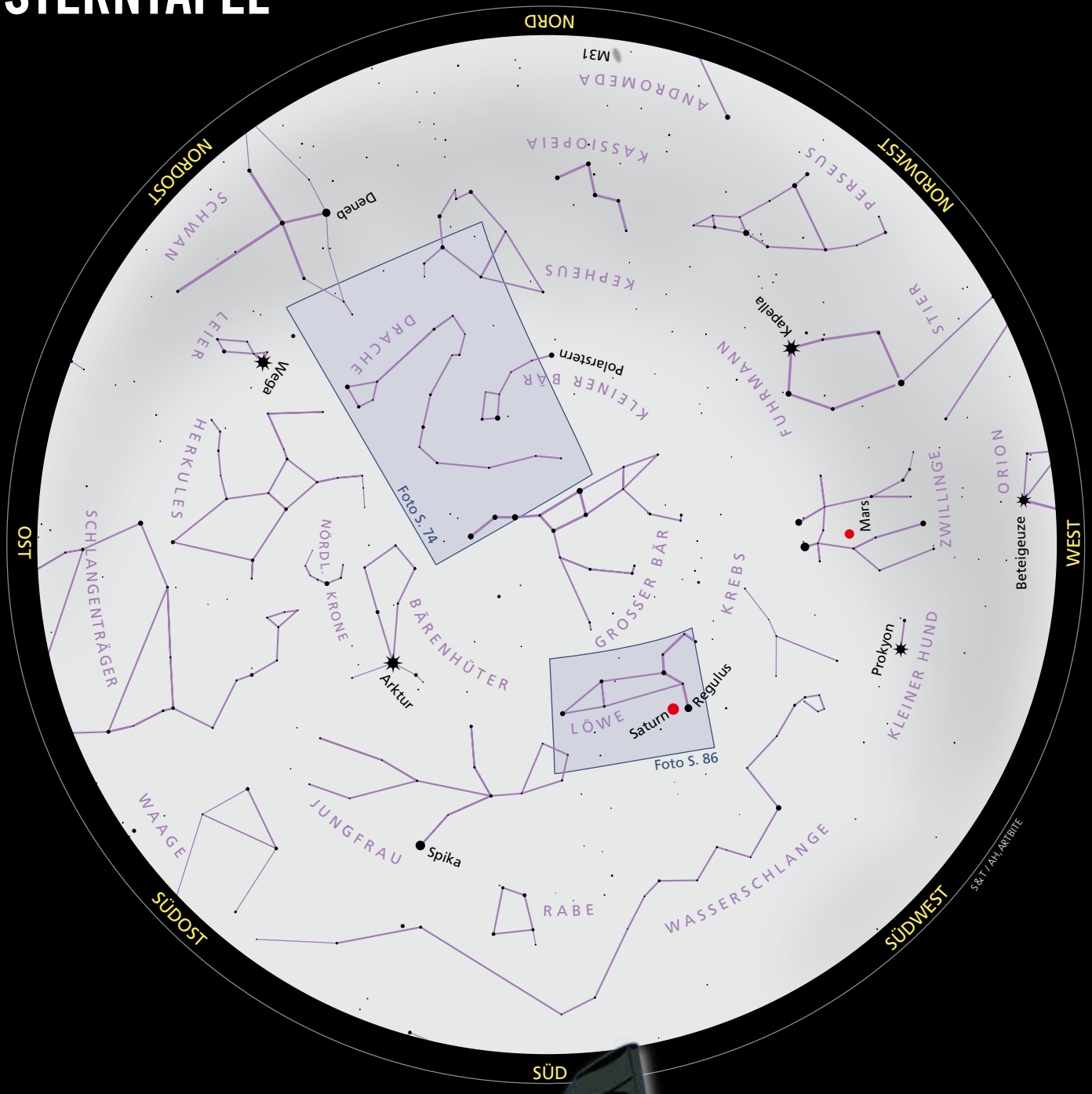
ZEICHNUNGEN DIESER SEITE: TONY FLANDERS

Die Zeichnung des Galaxienpaars M 81 und M 82 (oben) offenbart erste Strukturen, während der Kugelsternhaufen M 92 (darunter) bei schwacher Vergrößerung ein verwaschener Stern bleibt.



Tote Sterne: Der Ringnebel M 57 (links) und der Hantelnebel M 27 (rechts) bieten sich im Teleskop völlig unterschiedlich dar, wie diese Zeichnungen verdeutlichen.

STERNTAFEL



WANN

Der Zeitleiste (oben rechts) können Sie die Gültigkeit der Sternkarten entnehmen. Wählen Sie das Datum anhand des Monats oder der Kalenderwoche (KW) und lesen Sie direkt darunter die zugehörige Uhrzeit ab. Beispiele:

Erste Märzhälfte:	1 Uhr*
Erste Aprilhälfte:	0 Uhr°
Erste Maihälfte:	22 Uhr°

*Mitteleuropäische Zeit (MEZ, UT+1)
°Sommerzeit (MESZ, UT+2)

WIE

Auf den Sternkarten sehen Sie den Himmelsausschnitt, der sich Ihnen zu den in der Leiste (ganz oben) angegebenen Uhrzeiten präsentiert. Die Schwarz-Weiß-Karte (links) verzeichnet die wichtigsten Sternbilder, die Namen der hellen Sterne und Fotos oder Detailkarten in diesem Heft. Die Nachthimmelkarte (oben) entspricht dann dem, was Sie unter freiem Himmel sehen.

Zur Orientierung halten Sie die Karten vor sich, und zwar so, dass der Rand mit der Himmelsrichtung, in die Sie schauen, zum Boden zeigt. Die Sterne am Rand der Karte stehen direkt über dem Horizont. Die im Zentrum dargestellten Sterne befinden sich genau über Ihnen – im Zenit.

WAS

Vom Wintersechseck stehen nur noch wenige Sterne über dem westlichen Horizont – mit Mars als Garnierung. Das Frühjahrsdreieck zieht hoch über den Süden. Allerdings wird es zurzeit nicht durch Arktur, Spika und Regulus aufgespannt, denn Letzteren sticht der nahe Saturn aus. Dieser ist der einzige Planet, der fast die ganze Nacht hindurch beobachtet werden kann.

Die Karten sind für fünfzig Grad nördliche Breite berechnet, das entspricht in etwa der Linie Luxemburg – Frankfurt am Main – Prag. Beobachter in Alpennähe sehen die Sterne im Süden etwas höher über dem Horizont und die im Norden etwas niedriger. In Norddeutschland ist es genau umgekehrt.

Science-Shop.de
vor allem Wissen

Give me Five

DIE FÜNF BESTSELLER ZUR ASTRONOMIE
IM SCIENCE-SHOP

1.

Uwe Reichert, Eckhard Slawik
■ Atlas der Sternbilder
Ein astronomischer Wegweiser in Photographien.
212 S. m. zahlr. Farbfotos u. zweifarb. Sternktn., 35 cm, geb., Spektrum.
Bestell-Nr. 1712. Früher € 50,–,
jetzt nur € 19,95 (D), € 20,50 (A)

2.

Hermann-Michael Hahn, Gerhard Weiland
■ Drehbare Kosmos-Sternkarte
Für den nördlichen Sternhimmel
2007. Beil.: Textheft. Durchm. 27,5 cm, Kosmos (Franckh-Kosmos).
Bestell-Nr. 2337. € 14,95 (D), € 15,40 (A)

3.

Susanne Hoffmann, Axel Mellinger
■ Der große Kosmos Himmelsatlas
2008. 96 S. m. zahlr. farb. Abb. u. Sternktn. 34 cm, geb., Kosmos (Franckh-Kosmos).
Bestell-Nr. 2032. Früher € 19,95,
jetzt nur € 15,– (D), € 15,50 (A)

4.

■ Außerirdische und Astronauten
Zivilisationen im All
2001, 284 S., zahlr. meist farb. Abb., kart., Spektrum.
Bestell-Nr. 2536. Früher € 39,88,
jetzt nur € 9,95 (D), € 10,30 (A)

5.

Jerry Bonnell, Robert Nemiroff
■ Das Universum, Tag für Tag
Immerwährender Kalender
2003, 25 x 17 cm, 744 Seiten, m. 365 farb. Abb., geb., Knesebeck.
Bestell-Nr. 1714.
Früher € 33,–, jetzt nur € 9,95 (D), € 10,30 (A)

Die aktuelle Bestsellerliste finden Sie immer unter: www.science-shop.de/astrotopfive

Bequem bestellen: → per E-Mail info@science-shop.de
→ telefonisch 06221 9126-841

*Bestellungen in D & A unter € 20,– sowie Bestellungen im sonst. Ausland berechnen wir mit € 3,50. Alle Preise inkl. Umsatzsteuer. Preise unter Vorbehalt. Spektrum der Wissenschaft Verlagsges. mbH

FELDSTECHERTIPP

DER LÖWE IST LOS: M 65 UND M 66

Im Frühjahr setzt der majestätische Löwe zu seinen nächtlichen Himmelssprüngen an: Früh in der Dämmerung steigt er im Osten auf und erreicht am späten Abend den höchsten Punkt seines Sprungs. Nach Mitternacht geht es steil bergab – kopfüber in Richtung Westen. Wie es sich für den König der Tiere gehört, hat er zwei Deep-Sky-Objekte der Königsklasse im Gepäck: die beiden Galaxien M 65 und M 66.

Das Paar ziert sich allerdings ein wenig und gibt dem gemeinen Volk seinen erhabenen Anblick nicht so leicht preis. Für eine erfolgreiche Audienz benötigen Sie einen guten Beobachtungsstandort mit ziemlich dunklem Himmel. Dort können Sie die beiden Galaxien recht leicht mit dem Feldstecher finden. Beide Sternsysteme sind Spiralgalaxien, die wir aus einem relativ schrägen Blickwinkel sehen. Im 10 × 50-Feldstecher erscheinen sie deshalb als zwei fast identische, kleine, ovale Lichtflecke, die gemeinsam im Raum schweben. Ein größeres Glas zeigt M 65 etwas schmaler und länglicher.

In Wirklichkeit ist das Paar aber ein Trio: Nördlich der beiden Messier-Objekte befindet sich noch die Galaxie NGC 3628, der wir direkt auf die Kante blicken. Das deutlich lichtschwächere Sternsystem bleibt kleineren Feldstechern in der Regel leider verborgen. Zusammen bilden sie das Leo-Triplett, einen kleinen Galaxienhaufen in einer Entfernung von etwa dreißig Millionen Lichtjahren.

Wagen Sie ruhig auch einmal bei schlechteren Sichtbedingungen einen Versuch. Die Gruppe ist einfach zu orten. Etwa auf einem Drittel der Strecke zwischen Denebola (Beta Leonis, β Leo) und Regulus (Alpha Leonis, α Leo) finden Sie den leuchtschwächeren Coxa (Theta Leonis, θ Leo). Von ihm ist es nur ein kleiner Schwenk nach Süden zu einem weiteren unauffälligen Sternchen. Sehen Sie dieses mittig im Gesichtsfeld, sollte Ihnen das Paar M 65 und M 66 schon entgegenleuchten.

Auch wenn sich die beiden zieren: Irgendwann werden Sie Ihre Audienz bekommen! *>> Lambert Spix*

Drei reizvolle kleine Galaxien schimmern unterhalb der Hinterbeine des Löwen.

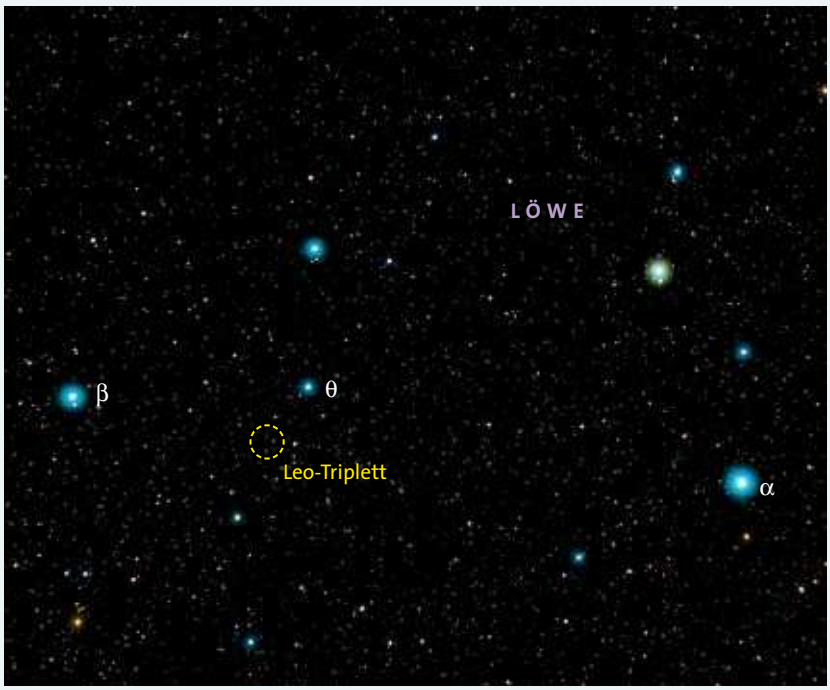


FOTO: ECKHARD SLAWIK

TV-PROGRAMM

SAMSTAG, 15. MÄRZ

GEHEIMNISVOLLES GLAS DES TUTANCHAMUN
Eine Forschergruppe erkundet den Ursprung eines Steins aus dem Brustschmuck von Pharao Tutanchamun. Ist er das Artefakt eines Meteoriteneinschlags?
Phoenix, 0.30 Uhr, 50 Min.

FAHRENHEIT 451
Großbritannien 1966
Berühmter Film über eine Zukunft, in der Lesen verboten ist. Feuerwehrmann Montag wird von der Lehrerin Clarissa in die Geheimnisse des Lesens eingeweiht
Scifi-Channel, 22.00 Uhr, 110 Min.
Wdh. 16.3., 3.50 Uhr

GODZILLA GEGEN DESTROYAH
Japan 1995
Kultiger japanischer Monsterfilm, in dem Godzilla zu einer wandelnden Nuklearbombe mutiert. Und nur er kann das Monster Destroyah besiegen
Scifi-Channel, 23.55 Uhr, 100 Min

SONNTAG, 16. MÄRZ

SCI XPERT – LESCHS UNIVERSUM
Sendung mit Prof. Lesch zu Themen aus Astronomie und Weltraumfahrt
Scifi-Channel, 21.50 Uhr, 10 Min.

FREITAG, 21. MÄRZ

EIN RISS IN DER WELT
USA 1965
Sciencefictionklassiker um den Versuch, durch die Zündung einer Atombombe die Energie des Erdinnern zu nutzen. Durch die Explosion entsteht ein Riss, der droht, die Welt in zwei Hälften zu spalten
Scifi-Channel, 12.05 Uhr, 95 Min.

BLACK HOLE
USA 2006
In einem Teilchenbeschleuniger in St. Louis geht ein Experiment schief, und ein Schwarzes Loch entsteht. Moderner Mix aus Sciencefiction und Horror mit Judd Nelson und Buffy-Star Kristy Swanson
Scifi-Channel, 22.00 Uhr, 90 Min.

SAMSTAG, 22. MÄRZ

DIE MACHT DES MONDES
Der Einfluss des Monds auf die Erde ist vielfältig und äußert sich beispielsweise in den Gezeiten. An Meeresküsten und Flüssen bemerkt man Ebbe und Flut. Auch manche Tiere lassen sich von seinem Licht leiten. Wie entstand unser Trabant, und was dachten die Menschen einst über ihn?
HR 3, 9.45 Uhr, 45 Min.

DONNERSTAG, 27. MÄRZ

PHOENIX-THEMA: RAUMFAHRT
Die Titel der geplanten Sendungen standen bei Redaktionsschluss noch nicht fest
Phoenix, 14.45 Uhr, 165 Min.

DONNERSTAG, 3. APRIL

SCHULFERNSEHEN: DAS WELTBILD DES NIKOLAUS KOPERNIKUS
Im 16. Jahrhundert verdrängte das heliozentrische Modell die alte Vorstellung, unsere Erde stünde im Zentrum des Alls
SWR, 8.15 Uhr, 15 Min.

DONNERSTAG, 10. APRIL

SCHULFERNSEHEN: GALILEO GALILEI – DIE ERFORSCHUNG DER MILCHSTRASSE
Der Italiener Galilei richtete als Erster ein Teleskop zum Himmel
SWR, 8.15 Uhr, 15 Min.

Auswahl aus dem Fernsehangebot der kommenden Wochen zu Themen aus Astronomie, Sciencefiction und Raumfahrt. Programmänderungen sind möglich.

Auch Ihr Termin kann hier kostenlos stehen! Für die Mai-Ausgabe schicken Sie bis zum 19. März 2008 eine E-Mail an:
redaktion@astronomie-heute.de

EVENTS

3.4.–6.4. 6. Sternfreundetreffen Harz. Gemütliches Teleskoptreffen mit Vorträgen
Ort: Waldgasthof »Zum Alten Forsthaus«, 38889 Altenbrak, Ortsteil Todtenrode
Veranstalter: Astronomische Gesellschaft Magdeburg e. V.
E-Mail: AGM-eV@gmx.de
de.geocities.com/sternfreundetreffen

4.4. Gastvortrag: Faszination Astrofotografie. Stefan Seip beschreibt, wie seine beeindruckenden Aufnahmen entstehen und was sie zeigen
Ort: Robert-Mayer-Sternwarte, Bismarckstraße 10, 74072 Heilbronn
sternwarte.org

4.4.–6.4. 6. AFT. Das Aschberg-Frühjahrs-Teleskoptreffen nahe Eckernförde bietet Vorträge, ein mobiles Planetarium und die Möglichkeit zum Beobachten
Zusätzliche Informationen, Anfahrtsskizze und Anmeldung: aft-info.de

4.4.–6.4. 2. SATT – Space Agents Teleskop Treffen. Die Beobachtungsnacht findet auf dem Taubensuhl im Naturpark Pfälzer Wald statt. Um Voranmeldung wird gebeten
space-agents.de

4.4.–6.4. 2. Frühlings-TTV (Teleskoptreffen Vogelsberg) auf dem ehemaligen Fußballplatz in 36325 Stumpertenrod
Anmeldung: Christina Marx, Tel. 06402 809573
E-Mail: info@sternenwelt-vogelsberg.de
sternenwelt-vogelsberg.de

11.4. Mannheimer Abendakademie: Kolleg Astronomie. VHS-Seminar über den nördlichen Himmel mit Sonne und Planeten
Termine: 3-mal ab 11. April, 17 bis 20 Uhr
Kosten: 39,– Euro
Ort: R 3, 13, Mannheim
Informationen und Anmeldung:
Tel. 0621 1076150
abendakademie-mannheim.de

19.4. 33. Würzburger Frühjahrstagung
Ort: Hörsaal des Physiologischen Instituts, Röntgenring 9, 97070 Würzburg
Info: Dr. Frank Fleischmann
E-Mail: ff@fonline.de

19.4. 6. Praktischer astronomischer Samstag mit Vorträgen, Workshops und praktischen Tipps
Ort: Sternwarte, 49828 Neuenhaus
Organisator: Astronomischer Verein der Grafschaft Bentheim e. V. und NightSky e. V.
Kontakt: Christoph Lohuis
E-Mail: Lohuis@t-online.de
nightsky-online.de und www.avgb.de

1.5.–4.5. 32. Sonne-Tagung der VdS-Fachgruppe Sonne. Mit zahlreichen Beiträgen, Exkursion und Fachvortrag
Ort: Planetarium und Stadtarchiv Bochum
Info: Michael Delfs, Waldsassener Str. 23, 12279 Berlin
E-Mail: Sonnentagung2008@arcor.de
sonnetagung.de

1.5.–4.5. ITV 2008 – Internationales Teleskoptreffen Vogelsberg. Das traditionsreiche ITV hat einen neuen Standort: die Campinganlage Gedern am Südhang des Naturparks Hoher Vogelsberg
Anmeldung: teleskoptreffen.de/itv/

9.5. Beginn des 3. Workshopzyklus »Astronomie aktuell«. Jeden zweiten Freitag ab 18.30 Uhr berichten Dr. Oliver Dreissigacker und Dr. Monika Maintz im Planetarium Mannheim über Forschung und Raumfahrt
Kosten: 21 Euro für sechs Abende
Anmeldung & Informationen: Sekretariat des Planetariums, Tel.: 0621 415692

KLEINANZEIGEN

Meade 8" LX200 f/10 Schmidt-Cassegrain,
Stativ, Meade Zenitspiegel 2", Meade Focalreducer f/6.3, Super-Weitw. 40 mm, Super Plössl 26 mm, Super-Weitw. 13 mm und 4,7 mm, Sonnenfilter. Wenig gebraucht, VB 1800,–, E-Mail: droste-warmsen@t-online.de

Vixen Apochromat ED 103 S
2,5 Jahre alt, selten benutzt, keine Feldbeob., neuwertig, Sucherf. 7 x 50, Zenitprisma, Rohrschelle, schweres Portastativ, Okulare: LV-W 22, LV 9, LV 6, Televue 3–6 mm, div. Adapter, VB 3000 Euro. Tel.: 0202 556915

Binoptic Doppelrefraktor TMB-Super-Apo 105/650 wg. Vergrößerung für 4990 Euro VHB. Die Apos haben lt. Interferogramm 0,983 und 0,975 Strehl. Deluxe-Ausführung mit hochreflexiver Spiegelbeschichtung. Das Gerät hat keinerlei Macken, wie neu! Gg. Aufzahlung: Zbh. zum Sofortbeobachten. Tel.: 09621 32376, rita.josef.strobl@t-online.de

Celestron C6 mit Baader-Bino auf EQ5
690,– Euro an Selbstabholer. Tel.: 0541 129024

Obsession – 18 Zoll 457 mm f/4.5 – Dobson
Aus persönlichen Gründen für 7200,– Euro abzugeben. Die wohl besten Dobsons der Welt! Dank der perfekt polierten und professionell behandelten Spiegel gewährleisten diese Geräte eine höchstmögliche Reflexion und somit einen Hochgenuss in der Deep-Sky-Beobachtung. Gehen Sie nicht unter 18 Zoll!
Dieses Teleskop habe ich direkt und unter großem Aufwand von Dave Kriege aus den USA importiert. Es ist überkomplett ausgestattet (incl. NGC-Max) und steht da wie neu. Hauptspiegel von Torus Technology mit beurkundeten Spitzenwerten und Interferogramm. Tel.: 07231 2988350, galaxy1@t-online.de

Mitarbeiter/in gesucht: Berlin, 1. Halbjahr 2008
Wo: www.fez-orbitall.de. Wer? Nat.-wiss.-techn. & pädagogische Kompetenz, organisatorisches Geschick; selbstbewusstes Auftreten & Verhandlungsgeschick bei Zus.-Arbeit mit Vertretern der dt. & europ. Raumfahrt. Was? Raumfahrt an Kinder & Jugendliche vermitteln. Tel.: 030 53071538, orbitall@fez-berlin.de

Astronomiekurse für Anfänger und Fortgeschrittene in der Schweiz!
Was Sie schon immer über unsere Planeten, die Sterne, das ganze Universum fragen und wissen wollten, von der Geschichte bis zu den neusten wissenschaftlichen Entdeckungen. Besuchen Sie einen unserer spannenden und faszinierenden Kurse in Pfäffikon nahe Zürich. Infos: www.blue-oasis.ch.

Zeiss Jena Schulfernrohr C63/840
Biete Telementor incl. Montierung und Stativ. Das Fernrohr weist Gebrauchsspuren auf. Gegengewicht fehlt. Optisch und mech. gut. VB 450,–. Tel.: 08324 953457

Alu-Box für 10-Zoll-Meade oder C11
prof. gefert., z. Abdeck. eines stat. aufgest. 10-Zoll-Meade oder C11. Die auf Schienen wegschiebb. isolierte Box hat einen abgedicht. Durchlass f. eine Säule mit 160 mm Durchm. und ist absolut wind- und wetterfest, da am Boden verschraubt. Standort Lunz am See, Niederöst., nur Selbstabh. Vk. € 600,–. E-Mail: mphochauer@meganet.at

SATTLEGGERs
ALPENHOF
EMBERGER ALM
Astrourlaub UND Wintersport sind HIER kein Widerspruch!
Zwei gut ausgestattete Sternwarten (12" + 17,5") auf 1.800m Seehöhe, viel Platz, ein perfekter Sternhimmel und wunderschöne Pisten erwarten Sie.
Sattleggers Alpenhof und Feriensternwarte
Emberger Alm 2, 9771 Berg/Drautal, Österreich
Tel.: +43/4712/796, Fax: +43/4712/796-6
www.alpsat.at, mail: office@alpsat.at
ITT (internat. Teleskoptreffen): 2.10. - 5.10.2008 Buchen Sie rechtzeitig!

www.astroversicherung.de

Spacefiles – das Weltall von A-Z

3 DVDs, Spielzeit ca. 260 min
Vorteilspreis: EUR 71,96 (zzgl. Versand)

E-Mail: Kontakt@weltraum-versand.de
Internet: www.weltraum-versand.de
Telefon 0162/5910355

Der Astromarkt von **astronomie heute** und **Sterne und Weltraum** bietet Ihnen die Möglichkeit, zu besonders günstigen Konditionen auf Ihre Angebote hinzuweisen. Wollen auch Sie Ihre Produkte oder Dienstleistungen hier vorstellen? Wir beraten Sie gern!

Infos bei Karin Schmidt
(schmidt@spektrum.com)

Gratis abzugeben an Schulen oder Klubs:
(1.) Refraktor-Teleskop, D=60 mm; f=900 mm; Model No. 271 Consed Optics China; 3 Okulare; Sucher; Zubehör; Äqu. Mont., (2.) Newton-Teleskop; D=70 mm; f=700 mm; 3 Okulare; Sucher; Zubehör; az. Mont. E-Mail: g-g.thieme@t-online.de

Baader 2-Zoll-Fokaladapter
für Newton, neu, wegen Fehlkauf zu verkaufen. Tel.: 0711 7009007, matthiasdrochner@gmx.de

Probleme mit meiner Montierung
Hilfe, ich habe ein Problem mit übermäßigem Spiel in den Feintrieben meiner Montierung AOK WAM 60 CC. Über kompetente Hilfe hier bei mir vor Ort in 37586 Dassel würde ich mich sehr freuen. Unkosten werden selbstverständlich erstattet. Tel.: 05562 950961

Gabelmontierung vom 10" Meade LX200GPS
Bj. 2002, voll funktionsfähig, komplett mit Super-Polhöhenwiege, Originalstativ und Netzteil für 1000,– Euro zvk. Tel.: 0541 25599 (abends), althoff.depner@t-online.de

Private Kleinanzeigen mit bis zu fünf Zeilen für Abonnenten von astronomie heute kostenlos!

Abonnenten können eine private Kleinanzeige pro Monat mit bis zu fünf Zeilen à 40 Anschläge kostenlos schalten. Jede weitere Zeile kostet für Abonnenten 5,– €. Geben Sie bitte bei Einsendung von Kleinanzeigen stets Ihre Kundennummer an. Diese entnehmen Sie Ihrer Rechnung oder dem Adressträgerblatt.

Für Nichtabonnenten gelten folgende Preise: bis zu drei Zeilen: 22,– €, jede weitere Zeile: 5,– €. Die Veröffentlichung im Internet ist auch für Nichtabonnenten kostenlos.

Bitte beachten Sie: Ist der verfügbare Platz in einer Ausgabe vergeben, behält sich die Redaktion das Recht vor, später eintreffende Anzeigen in die nächstverfügbare Ausgabe zu verschieben. Eine Zeile enthält durchschnittlich vierzig Zeichen. Alle Preise zuzüglich gesetzlicher Mehrwertsteuer. Die Grundgebühr pro Anzeige ist bereits eingerechnet. Gleichzeitig erhalten Sie einen Eintrag in unserer Online-Kleinanzeigendatenbank für die Verkaufsdauer des jeweiligen Hefts.

Bitte geben Sie Ihre Kleinanzeige im Internet ein unter astronomie-heute.de/kleinanzeigen oder senden Sie sie wie gewohnt an:

Spektrum der Wissenschaft Verlagsges. mbH
Redaktion **astronomie heute**
Slevogtstr. 3–5, 69126 Heidelberg
Fax: 06221 9126-769
E-Mail: kleinanzeigen@astronomie-heute.de

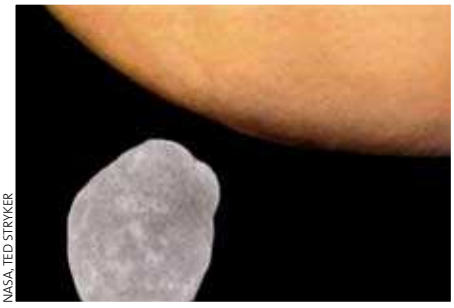
Der Einsendeschluss ist vier Wochen vor Erscheinen des Hefts.

Mai-Heft ab 22. April 2008

ZU BESUCH BEI

... Ranga Yogeshwar: Der beliebte TV-Moderator sieht am liebsten mit seinem Zwölf-Zoll-Teleskop fern!

THOMAS BÜHRKE



NASA, TED STRYKER

SOWJET-SONDEN

Hinter dem eisernen Vorhang gelangen der ehemaligen UdSSR beachtliche Erfolge bei der Erforschung des Sonnensystems

AIP POTSDAM, RAINER ARLT

BERLIN IST EINE REISE WERT

Das gilt ganz besonders für Reisende mit einem Faible für die Astronomie. Begleiten Sie uns zu den interessantesten Sternwarten und Forschungsinstituten!

IMPRESSUM

Chefredakteur: Dr. Jakob Staude (v.i.S.d.P.)
Redaktion: Dr. Oliver Dreissigacker (Ltg., Chef vom Dienst), Stephan Fichtner, Maike Pollmann (freie Mitarbeit)
Ständige Mitarbeit: Alexander Kerste, Dr. Monika Maintz, Dr. Frank Schubert
Artdirector/Layout: Karsten Kramarczik
Layout: Marc Grove
Schlussredaktion: Katharina Werle (Ltg.), Christina Peiberg (stv. Ltg.), Sigrid Spies
Bildredaktion: Alice Krüßmann (Ltg.), Anke Lingg, Gabriela Rabe
Mitarbeit an diesem Heft: Dr. Sven Titz
Redaktionsassistenz: Britta Feuerstein
Redaktionsanschrift: Postfach 10 48 40, 69038 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-765, Fax: 06221 9126-769, E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de
Herstellung: Natalie Schäfer, Tel.: 06221 9126-733
Einzelverkauf: Anke Walter (Ltg.), Tel.: 06221 9126-744
Marketing: Annette Baumbusch (Ltg.), Tel.: 06221 9126-741, E-Mail: service@spektrum.com
Leserservice: Tel.: 06221 9126-743, E-Mail: service@spektrum.com

Geschäftsleitung: Markus Bossle, Thomas Bleck
Verlagsleiter: Dr. Carsten Könneker, Richard Zinken (Online)
Objektleiter Astronomie: Stephan Fichtner
Verlag: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Postfach 10 48 40, 69038 Heidelberg; Hausanschrift: Slevogtstraße 3–5, 69126 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-600, Fax: 06221 9126-751, Amtsgericht Mannheim, HRB 338114
Vertrieb und Abonnementverwaltung: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, c/o ZENIT Pressevertrieb GmbH, Postfach 81 06 80, 70523 Stuttgart, Tel.: 0711 7252-192, Fax: 0711 7252-366, E-Mail: spektrum@zenit-presse.de, Vertretungsberechtigter: Uwe Bronn
Bezugspreise: Einzelheft: € 6,50, Jahresabonnement Inland (10 Ausgaben): € 56,–, Jahresabonnement Ausland: € 61,–, Jahresabonnement ermäßigt Inland (gegen Schüler- oder Studentennachweis): € 50,–, Jahresabonnement ermäßigt Ausland (gegen Schüler- oder Studentennachweis): € 55,–. Zahlung sofort nach Rechnungserhalt. Konto: 22 706 708, Postbank Stuttgart (BLZ 600 100 70). Die Mitglieder der Vereinigung der Sternfreunde e. V. (VdS) erhalten **astronomie heute** zum gesonderten Mitgliedsbezugspreis.
Anzeigen/Druckunterlagen: VMS Limperg Verlags- & MedienService, Sudetenstraße 16, 63486 Bruchköbel, Tel.: 06181 729-04, Fax: 06181 729-84, E-Mail: f.limperg@limperg.de
Anzeigenpreise: Zurzeit gilt die Preisliste von 2008.
Gesamtherstellung: L.N. Schaffrath Druck Medien Gmbh & Co. KG, 47608 Geldern

Sämtliche Nutzungsrechte an dem vorliegenden Werk liegen bei der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. Jegliche Nutzung des Werks, insbesondere die Vervielfältigung, Verbreitung, öffentliche Wiedergabe oder öffentliche Zugänglichmachung, ist ohne die vorherige schriftliche Einwilligung der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH unzulässig. Jegliche unautorisierte Nutzung des Werks berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Bei jeder autorisierten (oder gesetzlich gestatteten) Nutzung des Werks ist die folgende Quellenangabe an branchenüblicher Stelle vorzunehmen: © 2008 (Autor), Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg. Jegliche Nutzung ohne die Quellenangabe in der vorstehenden Form berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung; sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

ISSN 1610-8728, www.astronomie-heute.de

Sky & Telescope (S & T) und Night Sky: New Track Media LLC, 90 Sherman St., Cambridge, MA 02140, USA; President: Joel Toner; Editor in Chief: Richard Tresch Fienberg, Ph.D. Die Übersichts- und Ausschnittssternkarten von **astronomie heute** wurden mit Software und Designelementen von Roger W. Sinnott und Steven Simpson erstellt.

Wir übernehmen keine Haftung für die Inhalte externer Webseiten. Für den Inhalt der angegebenen Seiten sind ausschließlich deren Betreiber verantwortlich.